

Projekt osvětlovací soustavy vnitřního osvětlení

Complete Project of Interior Lighting System

Bc. Jakub Školař

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Tomáš Novák Ph.D.

Ostrava 2021

Poděkování

Rád bych poděkoval za odborné rady, trpělivost a spolupráci na diplomové práci vedoucímu
Ing. Tomáši Novákovi Ph.D.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem umělého osvětlení a elektrorozvodů za účelem rekonstrukce a modernizace vzdělávacího školního komplexu Střední škola, základní škola a mateřská škola prof. Vejvodského Olomouc – Hejčín a konkrétně odloučeného pracoviště základní škola a Střední škola Táboritů 25 v Olomouci. V teoretické části jsou rozebrány světelně technické pojmy, výpočetní vztahy, dimenzování elektrických rozvodů a metody projektování. Stávající stav nevyhovuje nejnovějším platným normám. Návrh nového stavu zahrnuje elektrorozvody v měděných vodičích soustavy sítě TNS a umělého osvětlení se zdroji typu LED za účelem splnění normativních požadavků s ohledem na energetickou náročnost a ekonomickou náročnost.

Klíčová slova: Projekt, Svítidlo, Dimenzování, Osvětlenost, Škola

Abstract

The diploma thesis deals with the design of artificial lighting and electrical wiring for the purpose of reconstruction and modernization of the educational school complex Secondary school, primary school and kindergarten prof. Vejvodského Olomouc - Hejčín and specifically a separate workplace primary school and secondary school Táboritů 25 in Olomouc. The theoretical part deals with lighting concepts, computational relationships, dimensioning of electrical wiring and design methods. The current state does not comply with the latest applicable standards. The design of the new state includes electrical distribution in the copper conductors of the TNS network system and artificial lighting with LED-type sources in order to meet the normative requirements with regard to energy intensity and economic intensity.

Key words: Project, Lamp, Dimensioning, Lighting, School

Obsah

Seznam použitých zkratké.....	8
Seznam použitých jednotek a označení	9
Seznam obrázků	10
Seznam tabulek.....	11
Seznam grafů	11
Úvod.....	12
1. Světlo	13
1.1 Fyzikální veličina	13
1.2 Lidské oko	13
1.2.1 Spektrální citlivost lidského oka	14
1.3 Světelně-technické veličiny	15
2. Světelné zdroje a svítidla	17
2.1. Základní parametry světelných zdrojů	17
2.2 Druhy světelných zdrojů	18
2.2.1 Žárovky	18
2.2.2 Zářivky	19
2.2.3 LED	20
2.3 Svítidla	21
2.3.1 Principy usměrnění distribuovaného světelného toku	21
2.3.2 Rozdělené svítidel dle způsobu montáže	22
2.3.3 Křivky vyzařování	23
2.3.4 Požadavky na svítidla dle vnějších vlivů	23
2.4 Srovnání svítidel.....	24
3. Dimenzování elektrických rozvodů.....	25
3.1 Průřez vodiče	25
3.1.1 Určení výpočtového zatížení vedení.....	25
3.1.2 Dimenzování rozvodů podle přípustného oteplení.....	26
3.1.3 Hospodárnost vodičů.....	27
3.1.4 Mechanická pevnost.....	27
3.1.5 Dovolenný úbytek napětí	27
3.1.6 Účinky zkratových proudů	27
3.2. Jištění elektrických rozvodů.....	28
3.3. Prvky v elektrických rozvodech	28

4. Normativní požadavky.....	29
4.1. Normativní požadavky pro vnitřní pracovní prostory	29
4.1.1 Rozložení jasu	29
4.1.2 Osvětlenost.....	30
4.1.3 Oslnění.....	31
4.1.4 Hlediska barvy	31
4.1.5 Míhání a stroboskopické jevy	31
4.1.6 Udržovací činitel	31
4.2. Požadavky na osvětlení vzdělávacích zařízení – Školské budovy	32
4.3 Požadavky na nouzové osvětlení.....	33
4.3.1 Definice.....	34
4.3.2 Nouzové osvětlení únikových cest	36
4.3.3 Protipanické osvětlení.....	37
4.3.4 Bezpečnostní značky.....	38
4.4 Vnější vlivy	39
4.4.1 Rozdělení	39
4.4.2 Protokol o určení vnějších vlivů.....	40
5. Světelně-technické výpočty osvětlovacích soustav ve škole	42
5.1 Učebna s tabulí	43
5.2 Kancelář	47
5.3 Chodba.....	50
5.4 Schodiště	53
5.5 Tělocvična	55
5.6 Nouzové osvětlení únikových cest.....	58
5.7 Osvětlení sociálního zařízení	61
5.8 Dílny.....	64
6. Elektro projekt osvětlovacích soustav umělého osvětlení ve škole	67
6.1 Technická zpráva	67
6.2 Protokol o určení vnějších vlivů.....	73
6.3 Výkresová část	75
6.4 Kniha svítidel.....	76
6.5 Výkonové balance.....	76

Závěr	77
Použitá literatura	78
Seznam příloh	80

Seznam použitých zkratek

Zkratka

Význam

VŠB-TUO	Vysoká škola báňská Technická univerzita Ostrava
LED	Light emitting diode (elektroluminiscenční dioda)
EN	Evropská norma
ČSN	Česká technická norma
NO	Nouzové osvětlení
HDS	Hlavní domovní skříň
PD	Projektová dokumentace
Cu	Měď
Al	Hliník
Fe	Železo
AYKY	Kabel pro pevné uložení s hliníkovým jádrem
CYKY	Kabel pro pevné uložení s měděným jádrem
MF	Maintenance factor (udržovací činitel)
CHÚC	Chráněná úniková cesta

Seznam použitých jednotek

Značka	Jednotka	Význam
t	(°C)	teplota
U	(V)	Elektrické napětí
f	(Hz)	Frekvence
t	(min)	Čas
l	(m)	Délka
m	(kg)	Hmotnost
I	(A)	Elektrický proud
A	(m ²)	Osvětlená plocha
E	(lx)	Osvětlenost
E _m	(lx)	Udržovaná osvětlenost
H	(lm.m ⁻²)	Světlení
I	(cd)	Svítivost
L	(cd.m ⁻²)	Jas
P	(W)	Elektrický příkon
R _a	(-)	Index podání barev
Φ	(lm)	Světelný tok
λ	(m)	Vlnová délka
Ω	(sr)	Prostorový úhel
T _c	(K)	Teplota chromatičnosti

Poznámka:

Další zkratky a symboly se v textu vyskytují s jejich vysvětlením.

Seznam obrázků

Obr.1 Venkovní pohled na školu	12
Obr.2 Elektromagnetické spektrum záření	13
Obr.3 Definice svítivosti	15
Obr.4 Definice prostorového úhlu.....	15
Obr.5 Definice osvětlenosti	16
Obr.6 Definice jasů	16
Obr.7 Náhrady barvy chromatičnosti	17
Obr.8 Rozbor žárovky	19
Obr.9 Schéma zapojení zářivky	19
Obr.10 Popis LED diody	20
Obr.11 Principy distribuce světla	22
Obr.12 Rozdělení nouzového osvětlení.....	33
Obr.13 Znázornění středového pásu osvětlenosti v CHÚC	36
Obr.14 Znázornění plochy pro protipanické osvětlení.....	36
Obr.15 Znázornění umístění nouzových svítidel na rovné ploše	37
Obr.16 Znázornění umístění nouzových svítidel na kaskádovité ploše.....	38
Obr.17 Znázornění a popis bezpečnostní značky	39
Obr.18 Vysvětlivka IP kódu.....	41
Obr.19 Vysvětlivka IK kódu.....	41
Obr.20 Plán údržby výstup z programu Relux	42
Obr.21 Stávající stav učebny	43
Obr. 22 Rozmístění nových svítidel pro učebnu.....	44
Obr. 23 Navrhovaný stav pro učebnu	46
Obr.24 Stávající stav kabinetu	47
Obr.25 Rozmístění nových svítidel pro kabinet.....	48
Obr.26 Navrhovaný stav pro kabinet	49
Obr. 27 Stávající stav chodby 2.NP.....	50
Obr. 28 Rozmístění nových svítidel pro chodbu 2.NP	51
Obr. 29 Stávající stav schodiště	53
Obr. 30 Rozmístění svítidel pro schodiště	54
Obr. 31 Stávající stav tělocvičny	55
Obr.32 Rozmístění svítidel pro tělocvičnu.....	56
Obr. 33 Navrhovaný stav pro tělocvičnu	57
Obr. 34 Stávající stav sociálních zařízení	61
Obr. 35 Rozmístění svítidel pro umývárnu	62
Obr. 36 Rozmístění svítidel pro WC.....	63
Obr. 37 Stávající stav dílen	64
Obr. 38 Rozmístění svítidel pro dílny	65

Seznam tabulek

Tab.1 Srovnání zářivkových a LED svítidel.....	24
Tab.2 Povolené zatěžovací proudy.....	26
Tab.3 Jmenovité proudy jisticích prvků.....	26
Tab.4 Možnosti uložení kabelů a vodičů	27
Tab.5 Specifické požadavky na jednotlivé prostory	32
Tab.6 Doba minimálního svícení nouzového osvětlení	35
Tab.7 Požadavky na osvětlení dle ČSN EN 12464-1 pro učebnu	42
Tab.8 Hodnoty nové osvětlovací soustavy pro učebnu.....	45
Tab.9 Požadavky na osvětlení školní tabule ČSN EN 12464-1.....	45
Tab.10 Hodnoty osvětlení tabule nové soustavy	45
Tab.11 Výpočet instalovaného příkonu učebny	46
Tab.12 Požadavky na osvětlení dle ČSN EN 12464-1 pro kancelář/kabinet učitele.....	48
Tab.13 Výsledné hodnoty nové osvětlovací soustavy pro kabinet	49
Tab.14 Výpočet instalovaného příkonu kabinetu	49
Tab.15 Požadavky na osvětlení chodeb dle ČSN EN 12464-1	51
Tab.16 Výsledné hodnoty nové osvětlovací soustavy pro chodbu	52
Tab.17 Výpočet instalovaného příkonu chodby.....	52
Tab.18 Požadavky na osvětlení schodiště dle ČSN EN 12464-1	53
Tab.19 Výsledné hodnoty pro nové soustavy pro schodiště.....	54
Tab.20 Požadavky na osvětlení tělocvičny dle ČSN EN 12464-1	55
Tab.21 Výsledné hodnoty nové osvětlovací soustavy pro tělocvičnu.....	56
Tab.22 Výpočet instalovaného příkonu umělého osvětlení tělocvičny.....	57
Tab.23 Výsledné hodnoty pro nouzové osvětlení celé budovy.....	58
Tab.24 Výsledky nouzového osvětlení pro tělocvičnu	60
Tab.25 Požadavky na osvětlení sociálních zařízení dle ČSN EN 12464-1	61
Tab.26 Výsledné hodnoty pro umývárnu	62
Tab.27 Výsledné hodnoty pro WC.....	63
Tab.28 Požadavky na osvětlení dílen a učeben pro praktickou výuku dle ČSN EN 12464-1	65
Tab.29 Výsledné hodnoty pro dílny.....	66
Tab.30 Výpočet instalovaného výkonu pro dílny	66
Tab.31 Výpočet energetického snížení.....	76

Seznam grafů

Graf 1 Závislost množství přenášené informace z oka do mozku na osvětlenosti.....	14
Graf 2 Graf vyzařování symetrického svítidla.....	23
Graf 3 Graf vyzařování asymetrického svítidla	23

Úvod:

Světlo je nezbytnou součástí a podmínky života na Zemi. Postupem času jsou na umělé osvětlení kladeny stále větší nároky k zajištění psychologické a fyziologické reakce. Pro zajištění zrakové pohody a dostatečného osvětlení pro běžný život i specifické výkony, které nejsou možné provádět pouze za svitu denního světla. Při návrhu umělého osvětlení je nezbytné se řídit příslušnými normami a hygienickými požadavky nejen na osvětlovací soustavy, ale i na příslušné elektrické rozvody, které jsou nedílnou součástí pro funkční a bezpečný provoz.

Cílem této diplomové práce je kompletní elektro projekt zahrnující umělé osvětlení a elektrické rozvody pro Odloučené pracoviště Základní a Střední školy Táboritů 25 v Olomouci. Důvodem zpracování projektu je celková rekonstrukce za zvýšení kvality hygienických požadavků, energeticky úspornější provoz a celkovou modernizaci dle aktuálně platných technických norem s cílem zkvalitnění výuky s důrazem na finanční hospodárnost a kvalitu použitých zařízení k snížení servisních a údržbových požadavků.

Vedlejším cílem diplomové práce je přiblížit a pomoci začínajícím elektro projektantům, či prohloubit znalosti v oboru a postupech při návrhu rozvodů a správného osvětlení použitím moderních programů.

Jedná se o školní komplex Střední školy, Základní školy a Mateřské školy prof. Vejvodského Olomouc Hejčín, konkrétně tedy o budovy odloučeného pracoviště Střední školy, Základní školy Táboritů 25 a jejím příslušných částí. Školní budova je zajímavá zejména malými třídami, které zajišťují žákům osobnější a podrobnější přístup ze strany pedagogů.



Obr. 1 Venkovní pohled na školu

1. Světlo

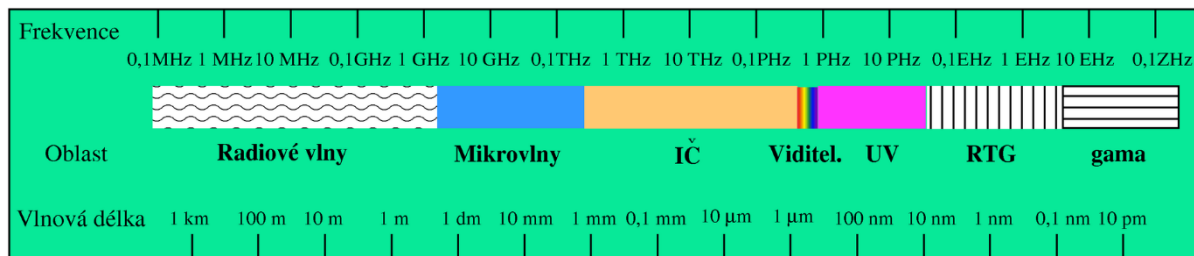
Světlo, jakožto viditelné záření, je nezbytnou součástí podmínky života na Zemi. Nejdůležitější složkou je denní osvětlení, které lidstvo využívá k prospěchu od počátku. Zajišťuje fyziologické i psychologické reakce a zajišťuje vnímání světa kolem nás, proto je nezbytné zajistit osvětlení i mimo denní pomocí umělého. Při návrhu umělého osvětlení se výpočty a návrhy musí řídit příslušnými normami a následnými požadavky na prostory, kde je nezbytné zajistit dostatečné hodnoty pro příslušné prostory. Pro pomoc při navrhování a následné ověření lze využít výpočetní programy, podle kterých lze zjistit, zda navrhovaná osvětlovací soustava splňuje požadavky stanovené normami a je vhodná pro daný typ prostředí.

Vznik světla můžeme pomocí elektrických zdrojů lze rozdělit do čtyřech základních principů: [1]

- Zahřátí látky na vysokou teplotu tzv. tepelným buzením (inkandescencí)
- Vybuzením atomu v elektrickém výboji
- Luminiscence pevných látek
- Emise fotonu při průchodu polovodičovým PN přechodem

1.1 Fyzikální veličina

Světlo se ve své podstatě je elektromagnetické záření, které se pohybuje v určitých vlnových délkách. Označované „viditelné světlo“, které je schopné vnímat oko, má vlnové délky od 400-750 nm. Které začíná na konci ultrafialového spektra a přes barvy duhy plynule přechází do spektra infračerveného záření, které je člověk schopen vnímat jako teplo.



Obr. 2 Elektromagnetické spektrum záření [1]

U elektromagnetického záření tudíž i u viditelného světla lze pozorovat úměru, čím menší vlnová délka tím větší frekvence.

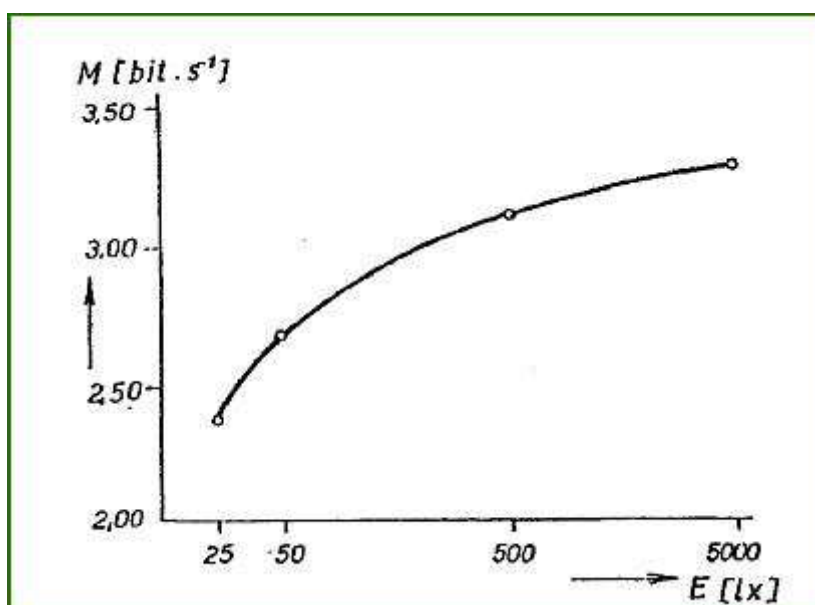
1.2 Lidské oko

Lidské oko je orgán, pomocí kterého jsme schopni vnímat viditelnou část elektromagnetického spektra. Pomocí jednotlivých částí oka konkrétně rohovky, zornice, duhovky a sítnice, zde jsou velmi důležitou a nedílnou součástí fotoreceptory oka, které jsou specifické pro denní vidění se nazývají čípky, kterých oko obsahuje řádově 6,5 milionů a pro noční kde převažují tyčinky kterých máme řádově 125 milionů, kde je informace dále přenášena do mozku.

1.2.1 Spektrální citlivost lidského oka

Lidské oko je schopno vnímat část elektromagnetického záření. Při běžných intenzitách osvětlení je schopna sítnice vnímat v oblasti 380–760 nm, přičemž maximum této křivky dosahuje v 550 nm, což je zapříčiněno evolucí lidstva tato hodnota vlnové délky odpovídá slunečnímu svitu. Tento fakt je důležitý v ve vyzářené energii za časový úsek nazýváme zářivý tok, a díky světelnému vjemu lidského oka, který vyvolá energii nazýváme světelný tok. Tudíž monochromatické záření, které lze oko je schopno vnímat při vlnové délce 550 nm odpovídá světelné účinnosti 680 lm/W.

Množství informace přenášené z oka do mozku lze zrychlit a navýšit přenosovou kapacitu. Jednou z nejnižších hranic osvětlenosti, kdy je člověk schopen vnímat podněty je zhruba 0,5 lx, dosaženým např. měsíčním svitem až do maximální hodnoty 100 000 lx při přímým slunečním svitem v letních obdobích.



Graf 1 Závislost množství přenášené informace z oka do mozku na osvětlenosti [2]

V domácnostech je většinou hranice osvětlenosti od 100-300 lx, kde je nárůst největší a od hranice 500 lx se množství přenášené informace, potom už je malý nárůst vzhledem k narůstající osvětlenosti.

1.3 Světelně-technické veličiny

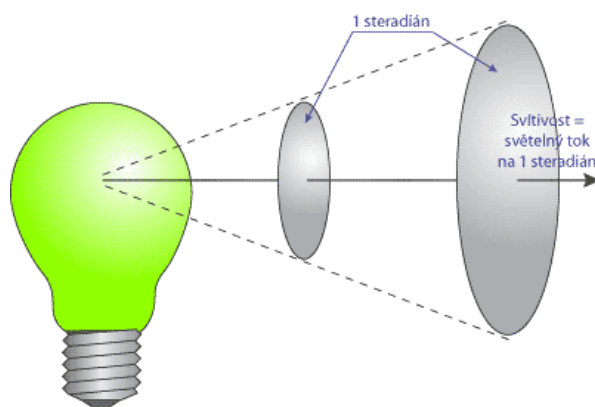
Veličiny popisující vnímané světlo pomocí spektrální citlivosti lidského oka se vztahují na tzv. normálního fotometrického pozorovatele, každý člověk může mít trochu odlišné vnímání jednotlivých vlnových délek.

Světelný tok $\Phi = \text{lm}$

- Vyjadřuje, kolik světla celkem vyzáří světelný zdroj do všech směrů, který posuzujeme ze strany citlivosti lidského oka. Dělí se na spojité (chromatické) a nespojité (monochromatické)

Svítivost $I = \text{cd}$

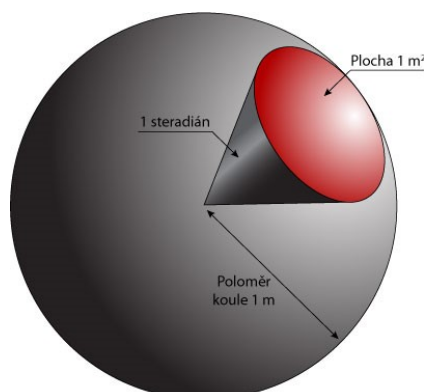
- Udává, kolik světelného toku vyzáří světelný zdroj do prostorového úhlu v určitém směru. Dle změření a zapsání do polárních souřadnic nám vznikají tzv. křivky svítivosti světelných zdrojů.



Obr.3 Definice svítivosti [3]

Prostorový úhel $\Omega = \text{sr}$

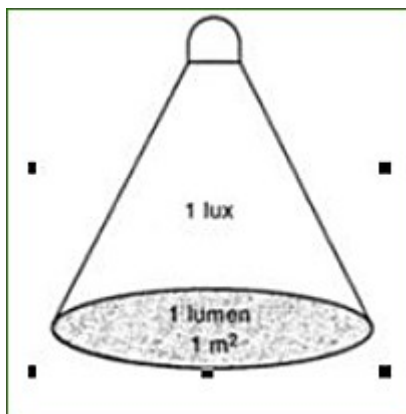
- Definovaný jako poměr kulové plochy A , kterou vyřezává úhel ω v kulové ploše o velikosti poloměru r a druhé mocniny poloměru. 1 steradián je vyřizne kulovou plochu o poloměru 1 m plochu o velikosti 1 m^2 .



Obr.4 Definice prostorového úhlu [3]

Osvětlenost $E = \text{lx}$

- Udává kolik světelného toku dopadá na plochu o velikosti 1 m². Osvětlenost je intenzita osvětlení, který je jeden z nejdůležitějších parametrů při návrhu osvětlení.



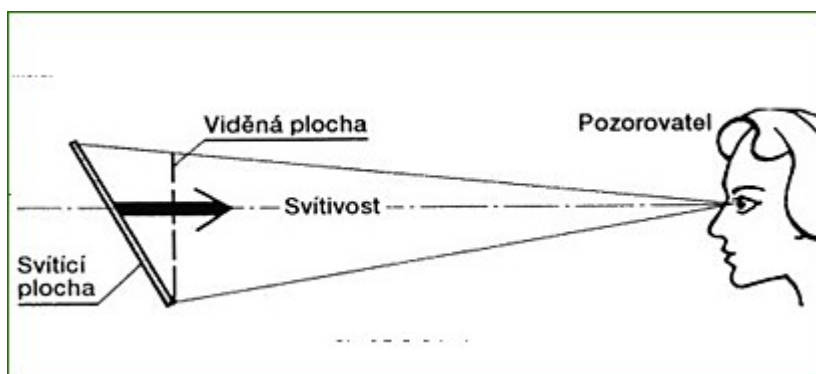
Obr.5 Definice osvětlenosti [4]

Světlení $H = \text{lm.m}^{-2}$

- Udává velikost světelného toku vyzařovaným z plochy.

Jas $L = \text{cd.m}^{-2}$

- Určuje kolik odraženého světelného toku dopadá na pozorovatele udávané k poměru k neozářené ploše. Je závislý na poloze pozorovatele a směru pohledu.



Obr.6 Definice jasu [4]

Měrný světelný výkon = lm.W^{-1}

- Udává, kolik lumenů světelného toku lze získat z příkonu konkrétního světelného zdroje

2. Světelné zdroje a svítidla

Světelné zdroje jsou zdroje optického záření, kde se přeměňuje elektrická energie na viditelné záření, vedlejší složkou je i infračervené záření, vnímané jako teplo. V historii se používali spalovací-plamenné zdroje oheň, louče, svíčky pomalu přecházející na petrolejové lampy. Roku 1802 jsou první zmínky o pokusech žhavení materiálu při průchodu elektrického proudu. V roce 1879 si nechal patentovat americký vynálezce Thomas Alva Edison první žárovku s wolframovým vláknem a patičí E27, která se používá dodnes. Wolframové žárovky jsou v dnešní době na ústupu skrze přísné kóty a jejich velice nízkou účinnost ve viditelném spektru, a jsou nahrazovány modernějšími zdroji světla, zejména LED zdroji.

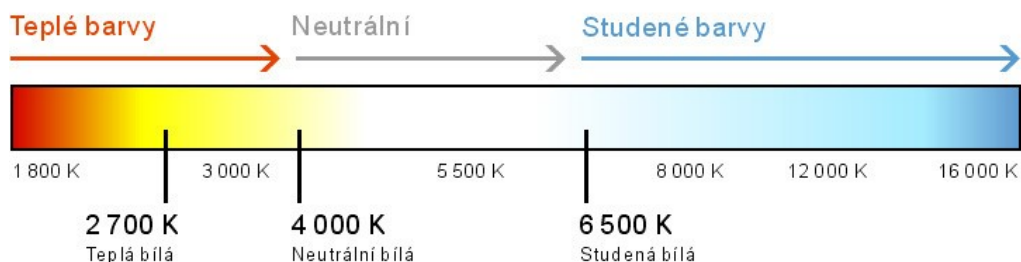
2.1. Základní parametry světelných zdrojů

Elektrický příkon P (W)

- Fyzikální veličina, která vyjadřuje množství odebrané energie ze sítě za jednotku času. Nejčastější kritérium u volby světelných zdrojů.

• Teplota chromatičnosti $T_c = K$ (kelvin)

- Teplotou chromatičnosti zdroje je označována ekvivalentní teplota, tzv. černého zářiče Planckova, při které je spektrální složení záření těchto dvou zdrojů blízké. Zvýší-li se teplota absolutně černého tělesa, zvýší se podíl modré části spektra a sníží se červený podíl. Žárovka s teple bílým světlem má např. teplotu chromatičnosti 2700 K.



Obr.7 Náhradní barvy chromatičnosti [5]

Index barevného podání $R_a = (-)$

- Jedná se schopnost světelného zdroje reprodukovat věrohodné barvy osvětlovaného objektu. Čím vyšší hodnota R_a je, tím jsou barvy věrohodnější, maximum dosahuje hodnota 100, zajištěné např. obyčejnou žárovkou.

Oslnění

- K oslnění dochází, jsou-li v zorném poli lidského oka příliš velké rozdíly v osvětlenosti. Tento jev je nepříznivý pro oko, může způsobovat bolesti či krátkodobé výpadky schopnosti vnímat, dokud se oko neadaptuje na příslušné světelné podmínky.

Život světelného zdroje $T = h$

- Jedná se o časový údaj, kdy světelný zdroj již nadále nesplňuje stanovené požadavky

- **Užitečný život**

je to doba funkce zdroje, během které si klesající parametry stále plní požadavky a nesmí klesnou pod předem stanovenou hranici (zářivky 70%).

- **Fyzický život**

je to doba, kdy světelný zdroj je schopen vyzařovat světelný tok. Např. u žárovek přetavením vlákna ztrácí provozuschopnost.

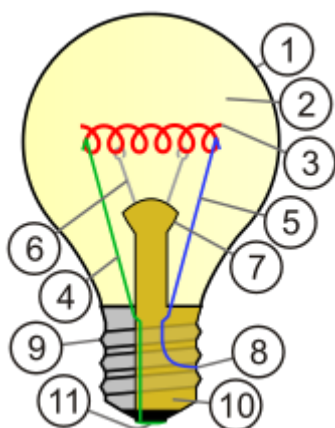
2.2 Druhy světelných zdrojů

2.2.1 Žárovky

Žárovky patří k nejznámějším zdrojům skrze všechny obory, i když v dnešní době skrze problémy s nízkou účinností vyzářeného viditelného světla jsou postupně nahrazovány modernějšími zdroji, nicméně se stále řadí k nejlevnější variantě zajištění osvětlení a zažívají menší návrat, už jen pro dekorativní účely.

Principem žárovky je průchod elektrického proudu přes odporové vlákno z wolframu, díky jeho vlastnostem. Vlákno je uzavřeno ve skleněné baňce a uloženo v interním plynu s vývody na kontakty pro fázi a pro nulový vodič na závit.

Měrný světelný výkon se u dnešní žárovky pohybuje okolo hranice 10 lm.W^{-1}

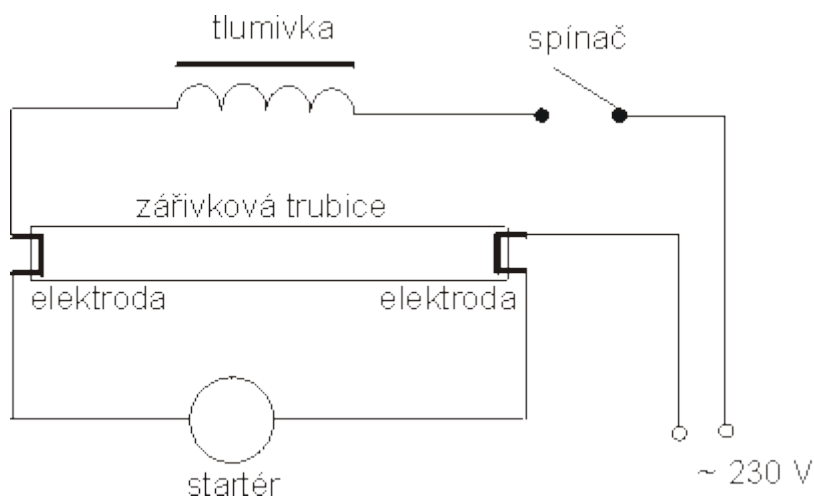


1. Skleněná baňka, 2. Náplň, 3. Wolframové vlákno, 4/5/8. Kontaktní vlákna, 6. Podpůrné vlákna, 7. Držák, 9. Závit (elektrický kontakt), 10. Izolace, 11. Elektrický kontakt

Obr.8 Rozbor žárovky [6]

2.2.2 Zářivky

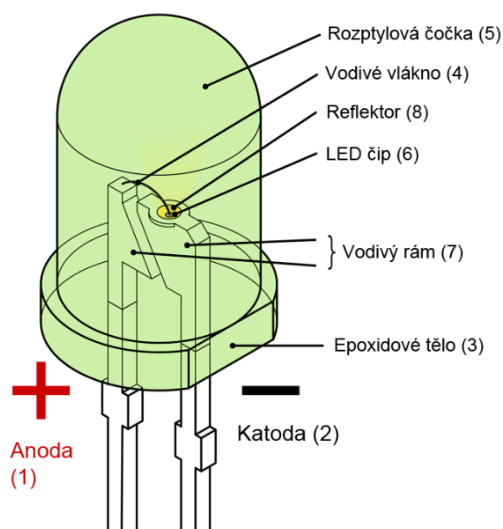
Tento typ světelného zdroje je nejrozšířenější na celém světě kde jeho podíl donedávna byl téměř 70 % umělého světla. Výhoda jsou vysoký měrný výkon a životnost. Naopak nevýhodami jsou pomalejší doba náběhu, složitější a náročnější konstrukce svítidla a omezený rozsah teplot pro používání. V současné době jsou i tyto zdroje nahrazovány LED zdroji, avšak oproti nim stále disponují značnou finanční úsporou.



Obr.9 Schéma zapojení zářivky [7]

2.2.3 LED

Light Emitting Diode, známé jako světelné diody pracující na principu vyzařování fotonů z polovodičového PN přechodu. V posledních letech zažívají největší rozvoj v oblastech používání. S dokonalováním konstrukčních metod a finanční dostupnosti se stávají plnohodnotnými nástupci a moderním řešením v osvětlovací technice. Velkými výhodami jsou miniaturní konstrukční velikosti, dlouhá doba životnosti a velký měrný výkon cca 140 lm.W^{-1} .



Obr.10 Popis LED diody [8]

2.3 Svítidla

Svítidla jsou přístroje, které jsou základními prvky osvětlovacích soustav, především umělého osvětlení.

Skládají se ze 3 základních částí:

- mechanická – tělo svítidla, konstrukční prvky, úchyty
- elektrická – kabely, vodiče, elektrické předřadníky, světelné zdroje
- optická – kryt svítidla (průhledný, průsvitný, opálový, prismatický)

Mechanické části slouží jako tělo svítidla, a také k upevnění světelných zdrojů. Slouží také jako ochrana před nebezpečným dotykovým napětím a také dle příslušného konstrukčního označení IP a IK by měly splňovat požadavky na ochranu světelných a elektrických částí, před vniknutím cizích předmětů, vlhkosti, udávané IP kódem a IK kód popisující rázovou pevnost.

Elektrická části slouží jako vedení elektrické energie k světelnému zdroji pomocí vodičů či elektronických předřadníků k usměrnění či regulování elektrického napětí a proudu. Ve svítidlech předmětu třídy I. musí být vyveden i ochranný vodič PE, sloužící k uzemnění kovových částí svítidla. Zde jsou též zahrnuty i světelné zdroje, které přeměňují elektrickou energii na část viditelného elektromagnetického záření na různých principech.

Optická část slouží především k omezení oslnění, rozložení, usměrnění nebo rozptýlení světelného toku nebo filtraci vyzařovaného spektra.

2.3.1 Principy usměrnění distribuovaného světelného toku

- Reflektor

Slouží k usměrnění vyzařovaného světelného toku a k rozložení paprsků, vedoucí ke zvýšení efektivity využívající zrcadlový odraz zajištěný především vysoce čistým hliníkem s vysoce lesklou povrchovou úpravou, která je schopna dosáhnout až 95% odraznosti.

- Refraktor

Slouží k usměrnění světelného toku na principu propustných optických materiálů. Dle materiálů a typu konstrukce lze dosáhnout různých vyzařovacích charakteristik.

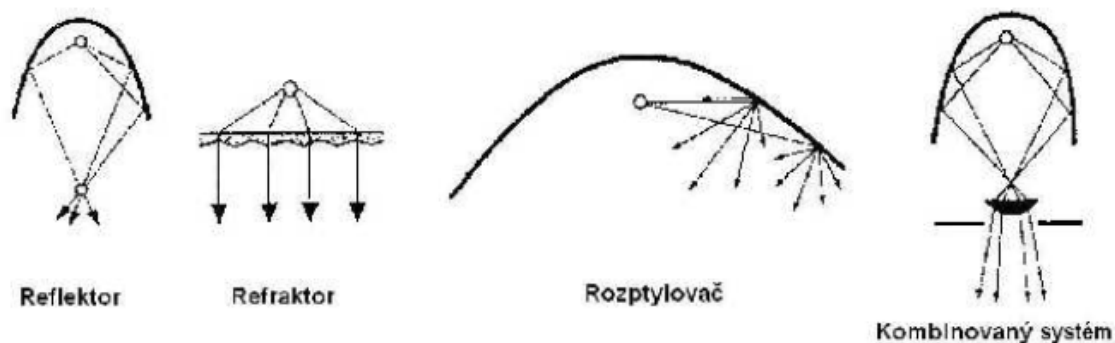
Běžné konstrukční materiály jsou polymetalakrylát nebo polykarbonát, které jsou používány k výrobě opálových krytů k dosažení příjemného difuzního světla používané převážně v bytových prostorech a prismatických krytů s dobrými vlastnostmi omezující oslnění uváděnou hodnotou UGR, nejvíce využívanou v kancelářských prostorech.

- Rozptylovač

Princip spočívá v difuzním odrazu vyzařovaném světelném toku, materiál je zde opět využíván čistý hliník s povrchovou úpravou, pro vytvoření difuzního odrazu.

- Kombinované systémy

Kombinované systémy využívají kombinace výše zmíněných technologií, k dosažení požadovaných hodnot. Nevýhodou je, že kombinované typy jsou složitější a dochází zde ke snižování účinnosti samotného svítidla.



Obr. 11 *Principy distribuce světla [10]*

2.3.2 Rozdělení svítidel dle způsobu montáže:

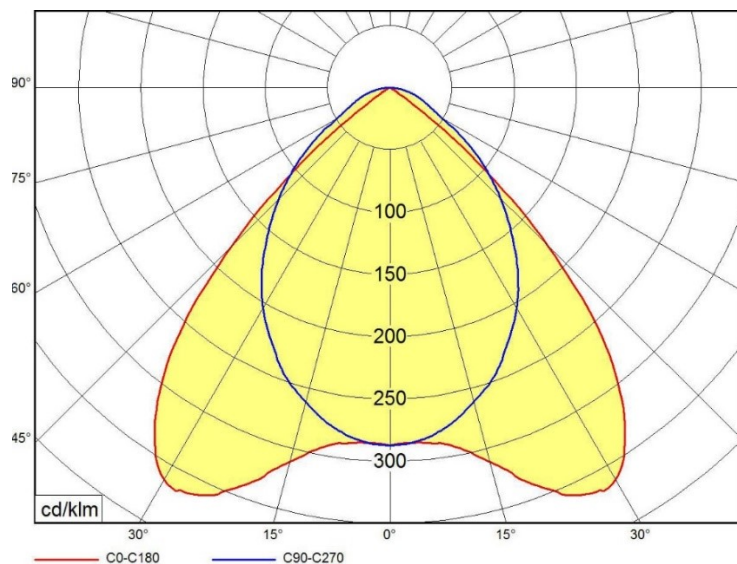
- Přisazená – nejčastější použití ve školních budovách, přisazené rovnou na stropu či stěně. Výhodou je velmi rychlá a jednoduchá montáž, naopak nevýhodou je stanovená pevná montážní výška či šířka.
- Vestavná – esteticky pohledově skryté svítidlo. Výhodou je snadná výměna či demontáž, nevýhodou je, že musí být zhotoven podhled, kde se svítidlo zapustí.
- Závěsná – Montovaná na závěsy či závěsná lanka. Velkou výhodou je možné nastavení výšky, např. při osvětlování tabule.

2.3.3 Křivky vyzářování

Neboli křivky svítivosti, změřením svítivosti ve všech bodech kolem svítidla a následném zanesením do polárních souřadnic dostaneme vyobrazené tvary, které jsou důležité k návrhu a použití správných svítidel a dosažení nejlepších výsledků.

- Symetrická

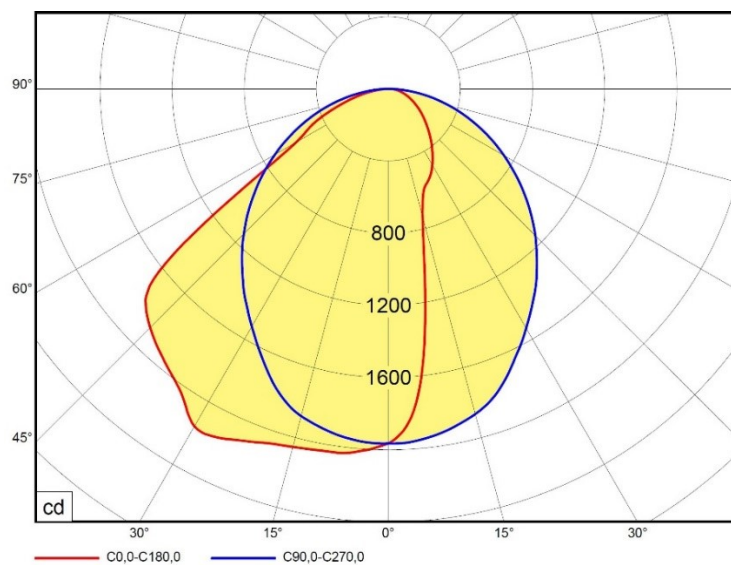
Nejčastěji používaná při běžných požadavcích, na osvětlování prostor k dosažení maximální, horizontální osvětlenosti a rovnoměrnosti, ke splnění hygienických a technických norem, např. chodby, kanceláře, učebny atd.



Graf 2 Graf vyzařování symetrického svítidla [10]

Asymetrická

Používaná k osvětlování specifických zařízení a ploch, využívající převážně vertikální osvětlenost např. informační tabule, školní tabule, billboardy, ale i horizontální, zejména při osvětlování sportovišť.



Graf 3 Graf vyzařování asymetrického svítidla [10]

2.3.4 Požadavky na svítidla dle vnějších vlivů

- Tepelná stálost
- Mechanická odolnost
- Světelná stálost
- Odolnost před vniknutím vody a cizích těles – IP kód

2.4 Srovnání zářivkových a LED svítidel

Tab. 1 Srovnání zářivkových a LED svítidel

Zářivková svítidla	LED svítidla
+ Finančně dostupnější	+ Modernější – stále se vyvíjející
+ V případě nefunkčnosti lze vyměnit pouze trubice	+ Vyšší rozsah provozních teplot
	+ Vyšší index podání barev
	+ Menší energetická náročnost/ Vyšší účinnost
	+ Okamžitý start
	+ Delší životnost
	+ Lze dosáhnout různých teplot barev

3. Dimenzování elektrických rozvodů

Elektrické rozvody jsou nedílnou součástí všech elektrických zařízení. Umožňují přenos elektrické energie od zdroje ke spotřebiči. Návrhy elektrických rozvodů podléhají příslušným normám, zejména při volbě a návrhu průřezů vodičů, uložení vodičů a nedílnou součástí i jištění elektrických rozvodů a zařízení.

3.1 Průřez vodiče

Na průřez vodičů jsou kladeny vysoké nároky a musí splňovat následující požadavky

- 1, Dovolené přípustné oteplení
- 2, Hospodárnost
- 3, Mechanická pevnost
- 4, Odolnost na účinky zkratového proudu
- 5, Dovolný úbytek napětí
- 6, Spolehlivou ochranu před úrazem elektrickým proudem

Materiály vodičů jsou nejčastěji používané Měď Cu a Hliník Al v oblastech nízkého napětí do 1000 V, a ve venkovních závěsných využívaných lan AlFe

3.1.1 Určení výpočtového zatížení vedení

Při navrhování nových elektrických rozvodů ve všech objektech či jednotlivých zařízení musíme určit maximální odběr, na které musíme naddimenzovat všechny prvky elektrických obvodů, dle příslušných norem. Výpočtové zatížení určíme sečtením všech stávajících či nově očekávaných zařízení P_v a následně stanovit soudobost, tedy množinu zařízení používaných v jeden okamžik, v udávaném v rozmezí od 0,2 do 1.

$$P_v = \beta \sum P_i$$

P_v je výpočtový výkon, β je činitel náročnosti skupiny spotřebičů, tzv. soudobost

Dále nutno určit výpočtový proud I_v

Dle uvážení a technicky přípustných možností počítat buď jednofázový nebo třífázový proud [11]

Pro třífázový použijeme vzorec $I_v \frac{P_v}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi}$

U je zde sdružené, $\cos \varphi$

Pro jednofázový

$$I_v \frac{P_v}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

U je fázové

Z vypočítaného proudu dále lze určit potřebný průřez vodiče z tabulky

Tab. 2 Dovolené zatěžovací proudy [11]

Jmenovitý průřez vodičů	Dovolené zatěžovací proudy [A]									
	při dvou zatížených vodičích					při třech zatížených vodičích				
	způsob uložení podle tabulky					způsob uložení podle tabulky				
(mm ²)	A	B	C	D *	E	A	B	C	D *	E
1	11	13,5	15	17,5	17	10,5	12	13,5	14,5	14,5
1,5	14,5	17,5	19,5	22	22	13	15,5	17,5	18	18,5
2,5	19,5	24	26	29	30	18	21	24	24	25
4	26	32	35	38	40	24	28	32	31	34
6	34	41	46	47	52	31	36	41	39	43
10	46	57	63	63	71	42	50	57	52	60
16	61	76	85	81	96	56	68	76	67	80
25	80	101	112	104	119	73	89	96	86	103

A dále lze určit i hodnotu jističe z tabulky

Tab.3 Jmenovité proudy jistících prvků [11]

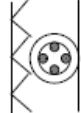




Jmenovitý průřez vodičů	Jmenovité proudy jistícího prvku [A]							
	při dvou zatížených vodičích				při třech zatížených vodičích			
	způsob uložení podle tabulky				způsob uložení podle tabulky			
[mm ²]	A	B	C	E	A	B	C	E
1	6	10	-	-	6	10	-	-
1,5	10	10	10	16	10	10	10	10
2,5	16	16	16	20	16	16	16	16
4	20	25	25	32	20	25	25	25
6	25	32	32	40	25	32	32	32
10	32	50	50	50	32	50	50	50
16	50	63	63	63	50	63	63	63
25	63	80	80	80	63	80	80	80

3.1.2 Dimenzování rozvodů podle přípustného oteplení

Při průchodu elektrické proudu daným vodičem dochází k zahřívání. Způsobené odporem vodiče tedy, který je závislý na průřezu, materiálu, okolní teplotě a délce.

V projektování elektrických obvodů nutno počítat s uložením vodičů, které pro různé typy uložení dochází k rozdílnému zahřívání a nutno je rozdělit do kategorií viz. Tabulka dle typu. [11]

Tab. 4 Možnosti uložení vodičů a kabelů [11]

způsob uložení	označení	popis
	A	Izolované vodiče v trubkách zapuštěných v izolačních stěnách.
	B	Izolované vodiče v trubkách nebo lištách na stěně.
	C	Kabely vícežilové na zdi., ve zdivu, na podlaze
	D	Kabely vícežilové v trubkách v zemi, nebo přímo v zemi.
	E	Kabely 2+3 žilové na vzduchu

3.1.3 Hospodárnost vodičů

Zde je důležité zaměřit se na investiční a provozní náklady, na zajištění co nejmenšího počtu a průřezu vodičů, ale nutnosti dodržet všechny minimální požadavky na spolehlivý a bezpečný provoz. [11]

3.1.4. Mechanická pevnost

Kromě odolávání proudům musí vodiče odolávat i mechanickým vlivům, u vnitřních vedením takto zpravidla bývá při montážích, a kabely musí odolat mechanickému namáhání u pohyblivých přívodů i při následném používání. U venkovních rozvodů kabely musí odolávat povětrnostním podmínkám, zejména námraze a větru. Jejich izolace musí být navržena proti UV odolnosti, popřípadě se takový kabel musí vložit do chráničky. [11]

3.1.5 Dovolенý úbytek napětí

Při průchodu elektrického proudu vzniká na vedení úbytek napětí a tím i k úbytku napětí na spotřebiči. Nedodržení tohoto požadavku by mohlo být způsobena např. špatný chod spotřebiče nebo spuštění podpěťových ochran. Ve většině případů je dovolená mez úbytku 5 % z jmenovité hodnoty napětí. [11]

3.1.6. Účinky zkratových proudů

Při průchodu zkratového proudu při poruše či průrazu izolace musí vedení odolat, než je tento nežádoucí stav odpojen pojistkami, jističem či jinou ochranou. Zkratový proud je mohou dosahovat několika desítek kiloampérů. [11]

3.2 Jištění elektrických rozvodů

Hlavním účelem jištění je ochrana elektrických zařízení a ochrana ohrožení osob.

Nejčastěji předřadnými pojistkami v HDS skříních a následnými jističi v elektroměrových, hlavním a podružných rozvaděčích.

Při navrhování jištění je též důležité zajistit tzv. selektivitu, což je posloupnost prvků navrhovaných, dle proudových hodnot, aby při výpadku nedocházelo k vypnutí kompletních rozvodů, ale co nejmenší části.

100A pojistky s přívodním kabelem AYKY 4x10, Hlavním jistič 25B/3 s kabelem CYKY průřez 6 mm², a následné rozvody pro světlené 10 A jističe a kabelem CYKY průřez 1,5 mm², a pro zásuvkové obvody 16A jističe kabelem CYKY průměrem 2,5 mm²

3.3 Prvky v elektrických rozvodech

Pojistky

Pojistka je elektrický přístroj, kterým funguje na principu, kde se tavný vodič přetaví, který se nachází v křemíkovém písku v obalu pojistkové patrony. Velkou výhodou pojistek je jednoduché konstrukční řešení, velký rozsah vypínacích nadproudů a zkratová odolnost a omezující účinky zkratového proudu, kdy je tavný vodič přerušen, než zkratový proud dosáhne maxima tudíž minimalizuje poškození díky rychlému působení a teplotní závislosti schopnosti vypínacích charakteristik je minimální. Velmi značnými nevýhodami jsou, při vybavení je pojistka zničena a nutno ji vyměnit a v případech třífázových obvodů vypíná pouze jednu postiženou fázi. V moderních rozvodech jsou používány jako předřadné jističí prvky či velmi často používány k jištění motorových vývodů.

Jističe

Jistič má velmi podobnou funkci jako pojistka, s tou výhodou, že je schopný po vybavení opětovného provozu a možnosti dálkových zapínání či vypínání. Značnými nevýhodami jsou malé zkratové odolnosti, a nedokáží omezit zkratový proud, než dosáhne maxima oproti pojistkám.

Princip jističe spočívá v nadproudové a zkratové spoušti. Zkratová spoušť je tvořena magnetickým obvodem cívky a reaguje na větší násobky jmenovitého proudu. Nadproudová spoušť je tvořena bimetalem, kde procházející nadproud ohřívá bimetal, kde dva různé kovy s různými tepelnými vlastnostmi zajistí vybavení jističe.

Rozděleny dle hodnot vypínacích proudů a rozdělení do skupin B, C, D

Proudové chrániče

Nejdůležitějším úkolem je ochrana osob a zvířat při úrazem elektrickým proudem. Princip spočívá průvlakem vodičů fázových a nulového součtovým transformátorem, který porovnává únikové proudy vztažené k ochrannému vodiči. Lze je použít pouze v sítích TN-S tedy v moderní 3 či 5 žilové soustavě s rozděleným PEN vodičem.

Dle platné normy ČSN 33 2000 4-41 ed.3 je nutno na každý samostatný koncový vývod opatřit proudovým chráničem.

4. Normativní požadavky

4.1. Normativní požadavky pro vnitřní pracovní prostory

Správné navržení osvětlovací soustavy umožňuje lidem účinnější vykonávání zrakových úkolů. Správná úroveň viditelnosti zajišťuje bezpečně vykonávaný pohyb či práci pro vnitřních prostorách. Pro jednotlivé úkony a prostory jsou definované ideální úrovně osvětlenosti a výsledkem docílíme zrakové pohody pracovníka. Proto je důležité postupovat dle evropských a českých technických norem.

- Světelné prostředí – prostředí, kde je nutno splnit požadavky tak, aby byli zajištěny 3 základní lidské potřeby
- zraková pohoda – „cítí-li se pracovník dobře“, přispívá k spokojenosti a ke zvýšení produktivity
- zrakový výkon – vykonávání zrakových úkolů během delší doby
- bezpečnost – zajištění bezpečnému rozpoznávání objektů a překážek

Základními parametry pro návrh osvětlení pracovní prostorů

- Vertikální osvětlenost
- Horizontální osvětlenost
- Index oslnění
- Rovnoměrnost osvětlení
- Index podání barev

Kritéria pro navrhování osvětlení

Hlavními parametry určující světelné prostředí jsou:

- Rozložení jasu
- Osvětlenost
- Směrovost světla, osvětlení ve vnitřním prostoru
- Variabilita světla
- Podání barev a barevný tón
- Oslnění
- Míhání světla

4.1.1. Rozložení jasu

Rozložení jasu v zorném poli určuje úroveň adaptace zraku, která ovlivňuje viditelnost úkolu.

Vyvážený adaptační jas zlepšuje:

Zrakovou ostrost, kontrastní citlivost a účinnost zrakových funkcí.

K vytvoření vyváženého poměru rozložení jasů se musí brát v potaz odrazové činitele jednotlivých materiálů, rozdělené na stropy, stěny, podlahy a vybavení. [16]

A, Činitel odrazu povrchů

-doporučené rozsahy činitelů odrazů pro vnitřní prostory rozptýlných povrchů místností

- strop 0,7-0,9

- stěny 0,5 – 0,8

-podlaha 0,2 – 0,4

-nábytek a strojní vybavení 0,2-0,7

Rozsahy se volí dle materiálu, hrubosti, barvy povrchů

B, Osvětlenost povrchů

Ve všech uzavřených prostorech musí být udržovaná osvětlenost E_m hlavních povrchů:

$E_m > 50 \text{ lx}$ při $U_0 > 0,10$ na stěnách

$E_m > 30 \text{ lx}$ při $U_0 > 0,10$ na stropu

V některých prostorech např kanceláře vstupní prostory do vzdělávacích zařízení atd. se doporučuje, aby stropy a stěny byly světlejší pomocí rozložení $E_m > 75 \text{ lx}$ $U_0 > 0,10$ na stěnách a $E_m > 50 \text{ lx}$ $U_0 > 0,10$ na stropěch [16]

4.1.2 Osvětlenost

Osvětlenost a rozložení zajišťuje jak rychle a pohodlně osoba vnímá a vykonává zrakový úkol v místě zrakového úkolu.

Řada doporučené osvětlenosti dle EN 12665

20-30-50-75-100-200-300-500-750-1000-1500-2000-3000-5000

Kdy k nejstrmějšímu nárůstu je do hodnoty 500 lx.

Při projektování osvětlovacích soustav je nutno dbát na při započítání udržovacího činitele, aby osvětlovací soustava splňovala tyto požadavky

- Zrakovou a celkovou pohodu
- Požadavky na zrakové úkoly
- Zrakovou ergonomii
- Provozní bezpečnost
- Hospodárnost
- Praktické zkušenosti

Není-li znám typ zrakového úkolu, nutno předpokládat nejpravděpodobnější zrakový úkol a určit příslušné požadavky tohoto úkolu [16].

Rovnoměrnost osvětlení U_0

Udávaný jako poměrné číslo minimální osvětlenosti E_m , ku udržované osvětlenosti E_m , k zajištění rozprostření světleného toku po celém objektu, k zamezení přesvětlení či vzniku tmavých míst. [16]

(0,1 – 1)

4.1.3 Oslnění

Nutno svítidla navrhovat tak, aby oslnění bylo vždy co nejmenší z pohledu pozorovatele. Oslnění je způsobováno jasnými povrchy v zorném poli zajišťované osvětlenými povrchy, svítidly, okna nebo světlíky. Oslnění se musí omezovat, je to nechtěný vliv při osvětlování a má negativní dopad na pracovníky. Dělí se na rušivé, kdy pracovník je schopen vykonávat úkol a není zajištěna zraková pohoda a na omezující, kdy už pracovník není ani schopen plnit úkoly.

Všechny předpoklady při stanovení musí být součástí projektové dokumentace

Řada UGR 10,13,16,19,22,25,28

Oslnění lze omezovat zajištěním hliníkových mřížek či použitím prismatických krytů, jinému uspořádání svítidel, volbou vhodných svítidel [16]

4.1.4 Hlediska barvy

A, Barevný tón světla

Teplá bílá (WW) - <3 300 K – Využívaný především pro bytové prostory navozující příjemnou atmosféru blížící se dennímu svitu.

Neutrální bílá (NW) – 3 300-5300 K – Využívané nejčastěji v kancelářích, administrativních budovách, školách - vnitřních a vnějších pracovních prostorách. atd.

Studená bílá (CW)– >5 300 K – Využívané především pro nasvětlení památek, či některých sportovišť

B, Index podání barev Ra

Je to věrnost podání barev vyzařovaného osvětlení v porovnání s věrností podání se slunečním svitem. Ra=0 při tomto indexu nelze rozeznat barvy. Ra= 80 většinou pohybující se údaj s možností světelných zdrojů. Ra=100 světelný zdroj má přirozené podání barev. [16]

4.1.5 Míhání a stroboskopické jevy

Je to rušivý vliv, který je nežádoucí jak z pohledu člověka, kde může způsobovat bolesti hlavy při vykonávání práci, které obsahují točivé stroje, lze díky setrvačnosti oka špatně vyhodnotit stav stroje a může dojít k úrazu. Tak z hlediska pořizování záznamů např. při videonahrávkách může být záznam znehodnocena kvalita. [16]

4.1.6 Udržovací činitel

Při každém návrhu osvětlovací soustavy se musí uvažovat s udržovacím činitelem MF (maintenance faktor). Závisí na provozních charakteristikách světelných zdrojů a předřadníků, svítidlech a činitelů odrazů povrchů, prostředím a plánem údržby jak svítidel, tak povrchů.

V projektu se musí uvést udržovací činitel s ohledem na všechny reálné předpoklady pro dané prostředí a specifikovat pro vhodné použití v daném prostředí. Sestrojit kompletní a doporučený plán údržby včetně intervalů výměny zdrojů, čištění a dalších úkonů. [16]

4.2 Požadavky na osvětlení Vzdělávací zařízení – Školské budovy

Tab.5 Specifické požadavky na jednotlivé prostory [16]

Druh prostoru	Em (lx)	UGR (-)	U0 (-)	Ra (-)	Specifické požadavky
Učebny, konzultační místnosti	300	19	0,6	80	Osvětlení má být regulovatelné
Černé, zelené a bílé tabule	500	19	0,7	80	Zabránit zrcadlovým odrazům Vertikální osvětlenost
Počítačové učebny	300	19	0,6	80	Viz. Práce s displeji
Vstupní haly	200	22	0,4	80	
Komunikační prostory a chodby	100	25	0,4	80	
Učební dílny, místnosti pro praktickou výuku	500	19	0,6	80	
Schodiště	150	25	0,4	80	
Místnosti vyučujících	300	19	0,6	80	
Sklady	100	25	0,4	80	
Sportovní haly	300	22	0,6	80	Podmínka tréning
Šatny, umývárny, toalety	200	25	0,4	80	V každé jednotlivé toaletě je-li zcela uzavřená
Stropy	30	-	0,1	80	
Stěny	50	-	0,1	80	

*Práce s displeji

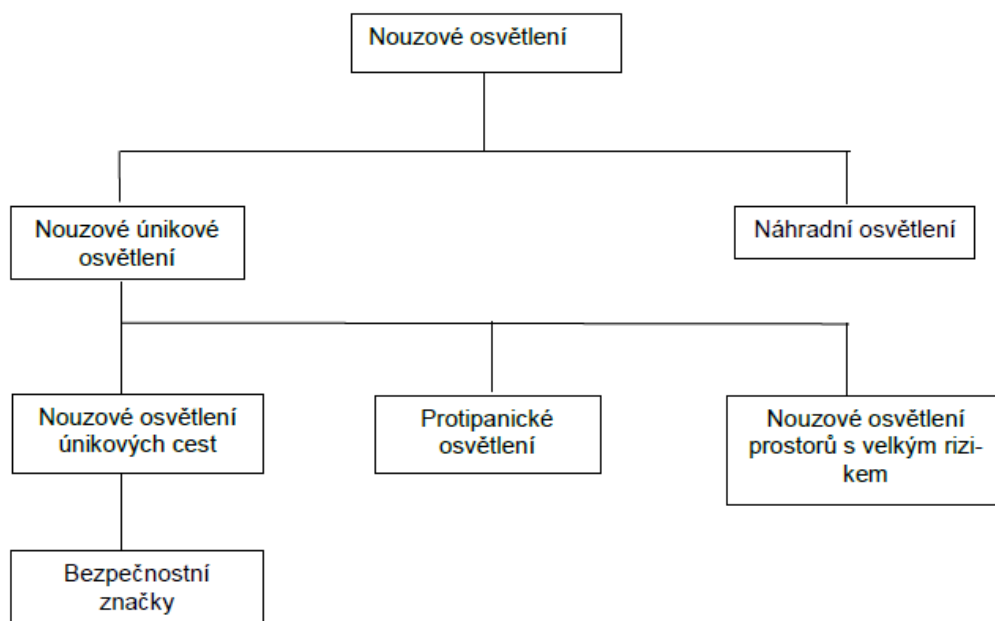
Při práci displeji v PC učebnách je nutné zabránit odleskům na obrazovkách. Zde je nutno použít svítidla s jasnem nejvýše

200 cd.m2 v úhlech nad 50° od svislic

4.3 Požadavky na nouzové osvětlení

Hlavním důvodem návrhu Nouzového osvětlení je zajištění osvětlení, v případě selhání normálního osvětlení, a zajistit tak bezpečný odchod z prostoru při výpadku. Zde nutno zařídit vlastní zdroj napájení.

Nouzové osvětlení je komplexní termín. Dále se dělí na:



Obr. 12 Rozdělení nouzového osvětlení [12]

Rozdělení dle provozu nouzových svítidel

- **Kombinované svítidlo** – jedná se o svítidlo se dvěma nebo více světelnými zdroji. Alespoň jeden z nich je napájen ze zdroje nouzového osvětlení a ostatní jsou napájeny z normálních světelných obvodů. Svítidlo může pracovat v trvalém či pohotovostním režimu.
- **Svítidlo pro trvalé nouzové osvětlení** – svítidlo, ve kterém jsou zdroje pro nouzové osvětlení zapnuty po celou dobu, po kterou je potřebné normální či nouzové osvětlení.
- **Svítidlo pro dočasné nouzové osvětlení** – svítidlo, které je v provozu pouze tehdy, kdy dojde k výpadku napájení normálních světelných obvodů. [14]

4.3.1 Definice

- **Nouzové osvětlení:** osvětlení určené k použití při selhání napájení normálního osvětlení
- **Úniková cesta:** cesta určena pro únik v případě nouze
- **Nouzové únikové osvětlení:** druh nouzového osvětlení, které zajišťuje bezpečnost lidí opouštějící prostor, nebo snažících se dokončit potenciálně nebezpečný proces před opuštěním prostoru
- **Nouzové osvětlení únikových cest osvětlení:** druh nouzového osvětlení, které zajišťuje, aby se únikové prostředky mohly účinně rozeznat a bezpečně použít, jsou-li v prostoru osoby
- **Protipanické osvětlení (antipanické):** druh nouzového osvětlení, které zabraňuje panice a poskytuje osvětlení umožňující lidem dosáhnout místa, odkud může být rozeznávána úniková cesta
- **Nouzové osvětlení prostorů s velkým rizikem:** druh nouzového únikového osvětlení, které poskytuje osvětlení pro bezpečnost lidí, zúčastněných v potenciálně nebezpečných procesech nebo situacích a umožňuje řádné ukončení práce bez nebezpečí pro operátora a ostatní osoby přítomné v budově a jejím příslušenství
- **Náhradní osvětlení:** druh nouzového osvětlení umožňující pokračování v běžné činnosti bez podstatných změn
- **Nouzový východ:** cesta ven, určená pro použití v případech nouze
- **Bezpečnostní značka:** značka, která vyjadřuje obecné bezpečnostní sdělení. Je vytvořena kombinací barvy a geometrického tvaru. Spolu s grafickým symbolem nebo textem zpřesňuje bezpečnostní informaci
- **Bezpečnostní značka s vnějším osvětlením:** značka, která je osvětlena vnějším zdrojem
- **Bezpečnostní značka s vnitřním osvětlením:** značka, která je osvětlena vnitřním zdrojem
- **Bezpečný prostor:** označený prostor, kde se unikající osoby mohou bezpečně shromáždit, bez rizika z hlediska nouzové situace. [15]

Tab.6 Přehled rozdílných požadavků na minimální dobu provozu nouzového osvětlení [14]

Druh prostoru	Doba provozu	Předpis
CHÚC A (více než 300 osob)	15 minut	ČSN 73 0802 [8], ČSN 73 0804 [9]
CHÚC B	30 minut	ČSN 73 0802, ČSN 73 0804
CHÚC C	45 minut	ČSN 73 0802, ČSN 73 0804
Cesta vedoucí do CHÚC	15 minut	ČSN 73 0833 [10]
Vnitřní zásahová cesta (CHÚC*)	1 hodina	ČSN 73 0802, ČSN 73 0804
Všeobecně	1 hodina	ČSN EN 1838 [1]
Kina a divadla	3 hodiny	ČSN 33 2410 [11], ČSN 33 2420 [12]
Zdravotnictví	24 hodin /3 hodiny	ČSN 33 2000-7-710 [13]
Prostory s velkým rizikem	Trvá-li nebezpečí	ČSN EN 1838
Klec výtahu k dopravě osob	1 hodina	ČSN EN 1838, ČSN EN 50172 [4]
Klec požárního výtahu	2 hodiny	ČSN EN 81-72 [14]
Klec evakuačního výtahu	45 minut	ČSN 27 4014 [15]

Požadavky NO:

- Zajistit viditelnost při evakuaci – osvětlení v celém prostoru
- Umístění svítidel alespoň 2m od podlahy
- Bezpečnostní značky musí být osvětleny
- kde není vidět únikový východ musí být osvětlena směrová značka vedoucí k východu
- Osvětlení zajistit i pro požární značky pro přenosné hasící přístroje
- Zajistit osvětlení nástupní plochy před výtahem min 50 lx

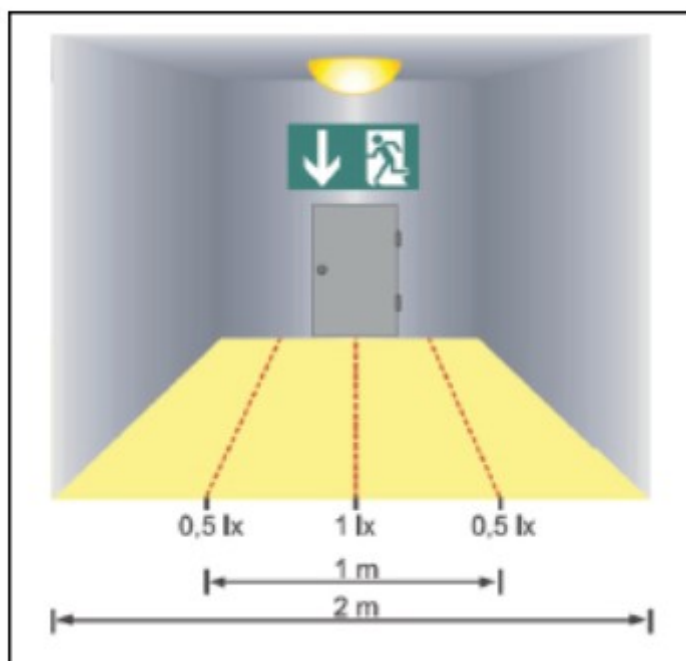
Umístění nouzových svítidel splňující EN 60598-2-22 pro osvětlení tzv“ zdůrazněných míst“

Zdůrazněná místa

- Každé dveře určené pro nouzový východ
- V blízkosti schodiště, každá řada schodů musí být osvětlena přímým světlem
- V blízkosti každé jiné změny úrovně
- Nařízení únikové východy a bezpečnostní značky
- Při každé změně směru
- Každé křížení chodeb
- Vně a v blízkosti každého konečného východu vedoucí k bezpečnému prostoru
- V blízkosti a každé místo první pomoci
- V blízkosti každého hasícího a požárního hlásiče, zároveň vertikální osvětlenost hlásiče musí být, či hasicím prostředku minimálně 5 lx.
- V blízkosti únikového zařízení pro osoby s omezenou hybností a schopností orientace
- V blízkosti úkrytů a hlásičů pro osoby s omezenou hybností a schopností orientace vč. Komunikačních zařízení tzv. reflex sadách

4.3.2 Nouzové osvětlení únikových cest

Pro únikové cesty do šířky 2 m nesmí horizontální osvětlenost na podlaze podél osy únikové cesty být menší než 1 lx středový pás, široký alespoň polovinu šíře cesty musí být minimálně osvětlen na 50% této hodnoty

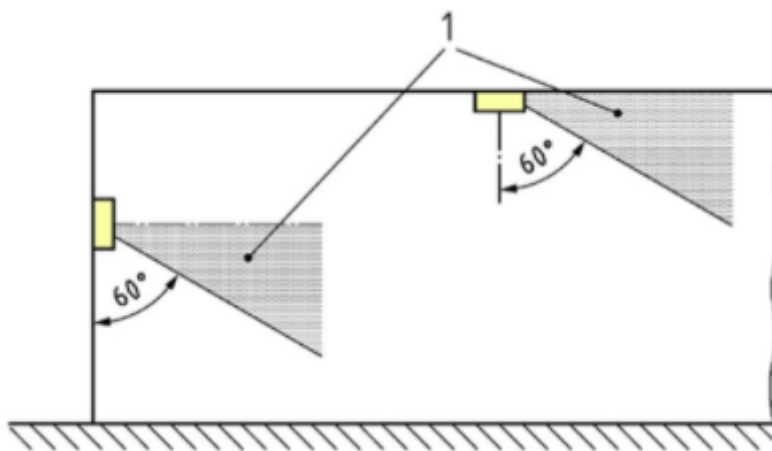


Obr. 13 Znáznornění středového pásu osvětlenosti v CHÚC [13]

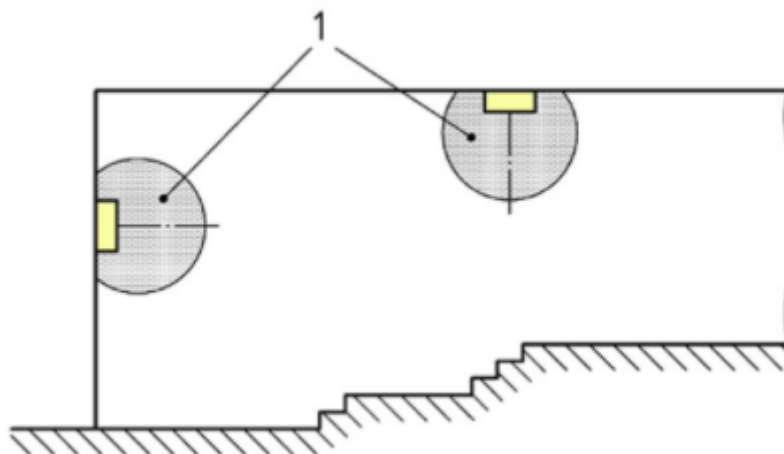
Poměr maximální a minimální osvětlenosti podél osy únikové cesty nesmí překročit poměr **40:1**

Omezující oslnění musí být zmenšeno svítivostí svítidel v zorném poli

Pro vodorovné únikové cesty nemá svítivost svítidla překročit hodnoty v oblasti úhlů od 60° do 90° od svislice



Obr. 14 Znáznornění umístění nouzových svítidel na rovné ploše [17]



Obr. 15 Znáznornění umístění nouzových svítidel na kaskádovité ploše [17]

4.3.3 Protipanické osvětlení

Zřizováno na veřejných prostorů k zamezení vzniků paniky a umožnění bezpečného přesunu k únikovým cestám označených směrovými značkami. Svítidla by měla směřovat k pracovní rovině a zajistit osvětlení překážek nad 2 m od této plochy. Dále se požaduje sociálních zařízeních pro osoby s omezenou hybností a omezenou orientací. V prostorech, kde nedochází k přímému přístupu v k únikovým prostorám musí být úniková cesta též osvětlena.

Protipanické osvětlení nutno zřídit ve veřejných prostorách s podlahovou plochou větší než 60 m² nebo i v menších za předpokladu zvýšeného rizika s větším počtem výskytu osob. Např. Kina, tělocvičny, nástupiště metra, taneční haly atd.

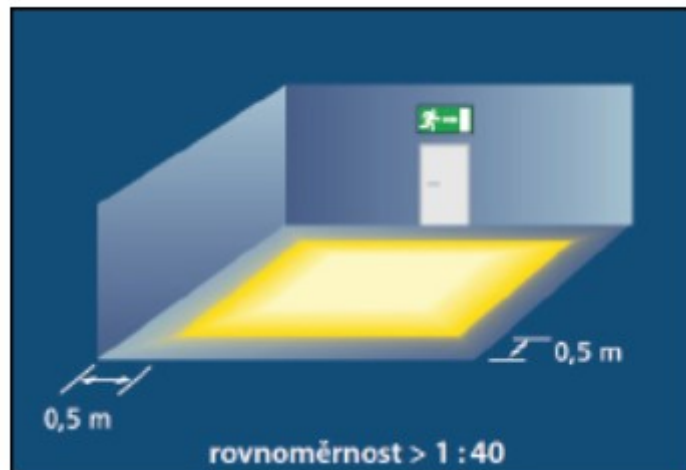
Vodorovná osvětlenost nesmí být menší než 0,5 lx v úrovni podlahy uvnitř prázdného prostoru s výjimkou obvodového pruhu o šíři 0,5m

Rovnoměrnost extrému osvětlení označovaným U_d – udává poměr minimální a maximální osvětlenosti dle EN 12665 tedy nesmí být menší než 1:40

Požadovaná hodnota osvětlenosti hodnoty 50 % musí být zajištěna do 5 s a 100% hodnota do 60 s od výpadku.

Omezující oslnění nesmí být zmenšeno svítivosti svítidel v zorném poli a zároveň nesmí překročit hodnoty v rozmezí od 60° do 90° od svislice pro všechny úhly azimutu.

Minimální hodnota indexu podání barev $R_a > 40$ a nesmí se snížit pod tuto hodnotu. Z důvodu bezpečného rozeznání značek a k zamezení záměně barev či významů. [12]



Obr. 16 Znáznorněné plochy pro protipaniccké osvětlení [13]

4.3.4 Bezpečnostní značky

Jsou zde zahrnovány směrové značky únikových cest, značky únikových východu a ostatní bezpečnostní značky.

Musí být čitelné při nouzových situacích.

Barvy musí odpovídat požadavkům ISO 3864-1 a designové prvky EN ISO 7010

Bezpečnostní značky musí být řádně osvětleny k zajištění dobré viditelnosti a čitelnosti. Dělené na vnější a vnitřní osvětlení.

Minimální doba osvětlení bezpečnostní značky musí být 1 h, přičemž jas kterékoliv plochy bezpečnostní barvy značky musí být nejméně 2 cd/m². Poměr maximálního a minimálního jasu v bílé nebo v bezpečnostní barvě nesmí být větší než 10:1. Bezpečnostní značky musí být osvětleny na 50 % požadované hodnoty do 5 s a na 100 % požadované hodnoty do 60 s.

Jas bezpečnostních značek musí být nejméně 2 cd/m². Poměr L_{max} a L_{min} nesmí být větší než 10:1
Minimální doba osvětlení značky je 60 min.

Požadovaná hodnota osvětlenosti hodnoty 50 % musí být zajištěna do 5 s a 100% hodnota do 60 s od výpadku.

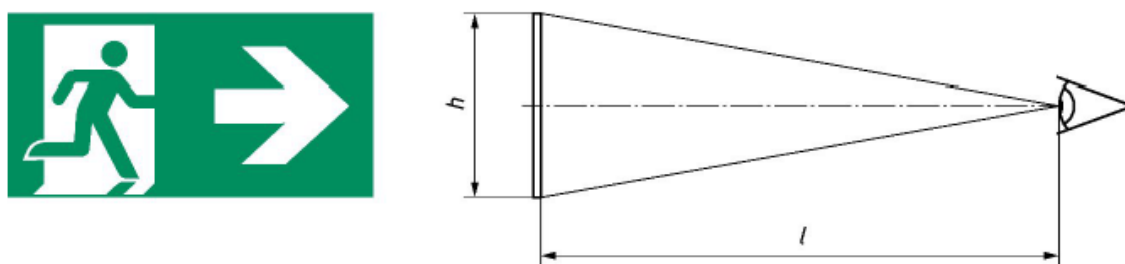
Pozorovací vzdálenost značky stanovuje maximální pozorovací vzdálenost, kdy je značka bezpečně rozeznána dle vztahu $l = z \times h$

l = pozorovací vzdálenost

h = výška značky

z = činitel vzdálenosti (100 pro vnější osvětlení, 200 pro vnitřní osvětlení)

Značka musí být montována nejvýše 20° nad vodorovným směrem pohledu



Obr. 17 Znárodnění a popis bezpečnostní značky [14]

4.4 Vnější vlivy

Při projektování osvětlovacích soustav je důležitým faktorem určení vnějších vlivů, které působí pro volbu specifikací pro navrhovaná svítidla, tak i na požadavky elektrických rozvodů tak i podklady pro projektovou dokumentaci a následné revize. Je velmi důležité tyto požadavky dodržovat, které by mohly v případě nedodržení ohrozit chod a kvalitu osvětlovací soustavy tak i snížení ochrany rizik před úrazem elektrickým proudem. Tyto faktory stanovuje Protokol o určení vnější vlivů, který stanovuje norma ČSN 33 2000-5-51 ed.3.

4.4.1 Rozdělení

Vnější vlivy jsou rozdělovány do tří stupňů a označují se např. (AA5)

První písmeno v třímístném kódu označuje všeobecnou kategorii vnějšího vlivu:

A = Prostředí – vlastnost okolí kde se nachází zařízení

B = Využití – využití a uplatnění objektů

C = Konstrukce budovy – použité materiály a upevnění vycházející z povahy materiálu

Prostředí (A)

Zde zahrnujeme: teplota okolí, atmosférické podmínky okolí, nadmořská výška, výskyt vody, výskyt cizích pevných těles, výskyt korozivních nebo znečišťujících látek, mechanická namáhání, výskyt rostlinstva nebo plísní, výskyt živočichů, elektromagnetická, elektrostatická nebo ionizující působení, sluneční záření, seizmické účinky, bouřková činnost, pohyb vzduchu a vítr.

Využití (B)

Zde se uplatňuje využití objektů. Zda objekt je přípustný pouze odbornému personálu či i osobám, z kvalifikace tzv. laikům. Odporem lidského těla, kontakt osob s potenciálem osob, podmínkami úniku v případě nebezpečí a povahou zpracovaných nebo skladovaných materiálů.

Konstrukce budovy (C)

Zde se hodnotí vlastnosti použitých materiálů budov

Druhé písmeno určuje povahu vnějšího vlivu

A – S.

Číslice určuje třídu vnějšího vlivu.

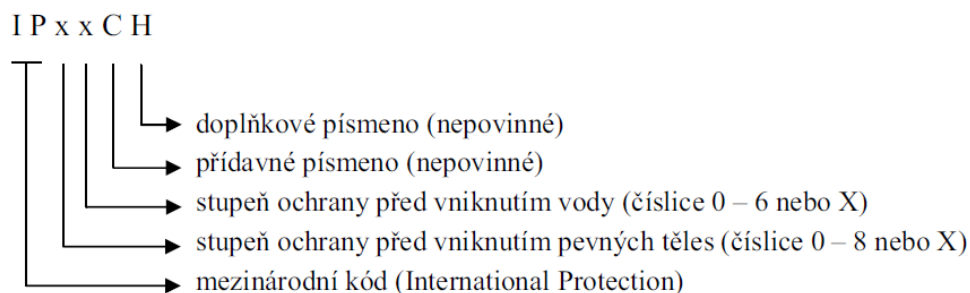
4.4.2 Protokol o určení vnějších vlivů

Jedná se o písemný doklad, který shrnuje a stanovuje prostory dle určených vnějších vlivů viz. Kapitola 3.5. Tento protokol je nezbytnou součástí projektové dokumentace, aby došlo ke správnému návrhu elektrickým zařízení. Protokol o určení vnějších vlivů ve první výchozí stanovisko k následnému zpracování projektové dokumentace, při změně používání či změně stavebních materiálů či konstrukčních řešeních je třeba protokol vypracovat znovu. Protokol o určení vnějších vlivů vychází z normy ČSN 33 2000-5-51 ed.3. Protokol slouží i jako podklad pro revizního technika či technologická řešení pro montážní firmy.

Protokol zpracovává projektant a určení vnějších vlivů se stanovuje sestavená komise, kde se členové shodují na vnějších vlivech po posouzení prostředí. Komise by měla být složena z několika členů, a to projektant, investor, správce zařízení, konstruktér, bezpečnostní technik.

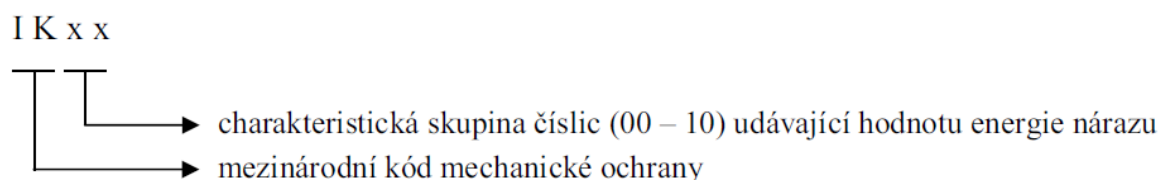
Protokol musí obsahovat popsané jednotlivé vlivy a určené prostředí. Pro vlivy které jsou zanedbatelné se vlivy nestanovují a pro jednoznačné větší vlivy které jsou považovány dle ČSN 33 2000-5-51 ed.3 za normální se protokol nemusí vypracovávat, nic méně bych to doporučil.

Následně jsou dle těchto určených vlivů a prostorů vybíráme vhodná elektrická zařízení. Dále velmi důležitým faktorem je dle normy ČSN EN 60529 Stupně ochrany krytem. Tato norma předepisuje pomocí ověřených normalizovaných zkoušek vniknutí vody a cizích těles do elektrického zařízení. Je to popsáno mezinárodním IP kódem. Kterým je označeno elektrické zařízení. Pokud ve výjimečných případech není uvedeno a má označení **CE** tak zařízení disponuje nejmenším přípustným IP20.



Obr. 18 Vysvětlivka IP kódu [15]

U elektrických zařízení je udávám ještě IK kód který popisuje mechanickou ochranou vůči nárazům v praxi často využívá no u svítidel typu tzv. „antivandal“, kde už z názvu vyplívá, že tyto svítidla se vyrábí z velmi odolných materiálů či doplnění ochranou mřížkou, své využití najdou hlavně na nákladových rampách a veřejné přístupných a problémových místech s vandaly či i tělocvičnách kde není dosažena dostatečná výška.



Obr. 19 Vysvětlivka IK kódu [15]

5 Světelně-technické výpočty osvětlovacích soustav ve škole

Na pracovišti školního komplexu Táboritů 25 jsem provedl orientační měření osvětlovacích soustav. Pro jednotlivé prostory následně navrhl nová LED svítidla a pomocí výpočtového programu Relux provedl světelně technické výpočty pro splnění normativních požadavků. Při návrhu nových svítidel bylo dbáno na nejlevnější řešení pomocí kvalitních svítidel.

Plán údržby:

Pro danou osvětlovací soustavu mohou být dodrženy intenzity osvětlení dle ČSN EN 12 464 jen díky pravidelně prováděné údržbě.

Prostor	
Druh prostředí	: čistý
Interval údržby	: po 3 roce/letech
not a Relux Member *6AF70*	
Vliv odrazů od ploch prostoru	: 70% / 50% / 20%
Charakteristika svítidla	: přímé
Typ reflektoru	: D - uzavřené IP2X
Typ světelného zdroje	: LED (LLMF manuálně)
Předřadník	: elektronický
Provozní hodiny za rok	: 8000h
Useful life	: 60000h (~7.5a)
Interval údržby (Svítidlo)	: po 1.5 roce/letech
Udržovací činitel	: 0.80
not a Relux Member *16A6B*	
Vliv odrazů od ploch prostoru	: 70% / 50% / 20%
Charakteristika svítidla	: přímé
Typ reflektoru	: D - uzavřené IP2X
Typ světelného zdroje	: LED (LLMF manuálně)
Předřadník	: elektronický
Provozní hodiny za rok	: 8000h
Useful life	: 60000h (~7.5a)
Interval údržby	: po 1.5 roce/letech
Udržovací činitel	: 0.80

Poznámky k údržbě:

Světelné zdroje musí být nahrazeny zdroji se shodnými technickými parametry - světelný tok, barva světla, stupeň podání barev. Při výměně světelného zdroje je nutno vyměnit i zapalovače.

Prostor a povrchy je nutno udržovat tak, aby nedošlo ke snížení počátečních činitelů odrazu.

Pokyny výrobce pro údržbu je nutno dodržovat

Obr. 20 Plán údržby výstup z programu Relux

5.1 Učebna s tabulí

Stávající stav:

Osvětlení vzorové učebny č.5 je tvořeno stávající osvětlovací soustavou ze 5 symetrických zářivkových přisazených svítidel 2x58W s hliníkovou mřížkou.

Tento stav je dle platné normy ČSN EN 12464-1 nevyhovující a technicky zastaralý. Úkolem je navrhnout stav vyhovující platným normám s cílem snížit energetickou náročnost. Učebny v celé škole jsou specifické, protože došlo jejím rozdělením na dvě poloviční, nastává zde problém vysokého stropu ku malé ploše a je nutno zde vyšší nároky na oslnění.



Obr.21 Stávající stav učebny

Zjištěné chyby stávající osvětlovací soustavy

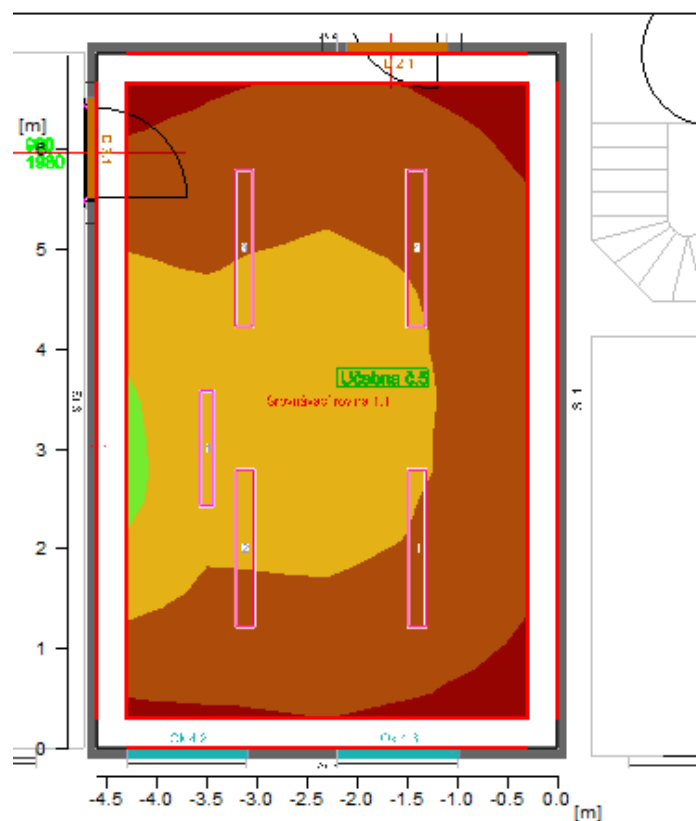
- Ovládání svítidel 1 vypínačem – nemožnost regulace
- Osvětlení tabule zajištěno 2 symetrickými svítilny – nevhodné umístění a špatný typ pro osvětlení tabule
- Velký instalovaný příkon svítidel – dochází k přesvětlení prostoru, velká energetická náročnost

Navrhovaný nový stav

Soustava 4 symetrických LED svítidel doplněné 1 asymetrickým pro osvětlení tabule

Tab.7 Požadavky na osvětlení dle ČSN EN 12464-1 pro učebnu

Srovnávací rovina	
Profil	Vzdělávací objekty - Vzdělávací ...
Referenční číslo	5.36.1 (EN 12464-1, 8.2011)
Em [lx]	300.00
Uo	0.60
UGRL	19
GRL	0
Ra	80
Výška srovnávací roviny [m]	0.70
Stěny	
Em [lx]	50.00
Uo	0.10
Strop	
Em [lx]	30.00
Uo	0.10



Obr. 22 Rozmístění nových svítidel pro učebnu

Použitá svítidla:

- A, ELEKTRO-LUMEN Nara G1 5k6 840 1x39W Symetrické LED svítidlo 4ks
 B, ELEKTRO-LUMEN SITA 12 3k8 840 1x32W Asymetrické LED svítidlo 1ks

Tab. 8 Hodnoty nové osvětlovací soustavy pro učebnu

Hodnotící plocha 1	Srovnávací rovina 1.1			
Uživatelský profil	Vzdělávací objekty - Vzdělávací budovy			
	5.36.1 (EN 12464-1, 8.2011) Učebny, výukové místnosti ($R_a > 80.00$)			
	Vodorovná			
Em	439 lx	(≥ 300 lx)		
Emin	262 lx			
Emin/Em (U_o)	0.60	(≥ 0.60)		
Emin/Emax (U_d)	0.41			
Pozice	0.70 m			
Hlavní plochy	Em		U_o	
m 1.5 (Strop)	77 lx	(≥ 30 lx)	0.75	(≥ 0.10)
m 1.1 (Stěna)	175 lx	(≥ 50 lx)	0.33	(≥ 0.10)
m 1.2 (Stěna)	154 lx	(≥ 50 lx)	0.33	(≥ 0.10)
m 1.3 (Stěna)	275 lx	(≥ 50 lx)	0.18	(≥ 0.10)
m 1.4 (Stěna)	158 lx	(≥ 50 lx)	0.34	(≥ 0.10)

Tab.9 Požadavky na osvětlení školní tabule ČSN EN 12464-1

Černé, zelené a bílé tabule	500	19	0,6	80	Zabránit zrcadlovým odrazům
					Vertikální osvětlenost

Hodnoty nové osvětlovací soustavy pro osvětlení tabule pomocí asymetrického svítidla

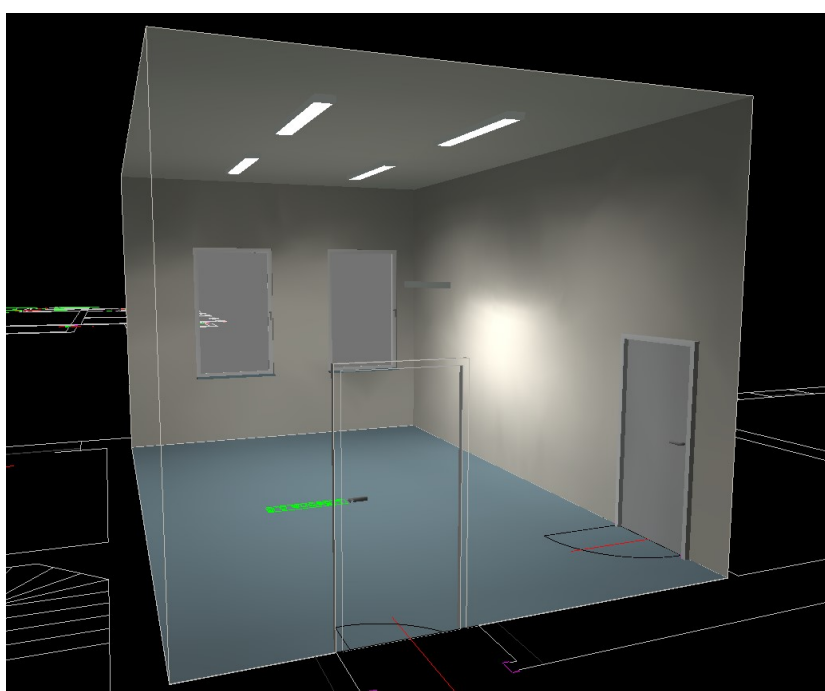
Tab. 10 Hodnoty osvětlení tabule nové soustavy

Intenzity osvětlení		
Udržovaná osvětlenost	Em	660 lx
Minimální osvětlenost	Emin	460 lx
Maximální osvětlenost	Emax	857 lx
Rovnoměrnost U_o	Emin/Em	1:1.44 (0.7)
Rovnoměrnost U_d	Emin/Emax	1:1.86 (0.54)

Zhodnocení: Z výsledku můžeme pozorovat, že všechny hodnoty splňují požadavky ČSN EN 12464-1, 4 ks symetrických svítidel jsou přisazena ke stropu a rovnoměrně rozmístěna. Asymetrické svítidlo k nasvětlení tabule je zavěšeno 0,5 m nad horní hranou tabule a 1 m od stěny. Regulace je zřízena základní, rozdělená na 3 ovládací okruhy č. 1 na 2 svítidla u okna, okruh č.2 na 2 svítidla u dveří a 1 samostatný vypínač pro asymetrické svítidlo u tabule. Celkový instalovaný příkon poklesl o 392 W.

Tab.11 Výpočet instalovaného příkonu učebny

Pi – stávající stav			Pi – nový stav			
Počet svítidel	Typ	Celkový příkon	Počet svítidel	Typ	Celkový příkon	Úspora
5 ks	2x58 W	580 W	4 ks	1x39 W	156 W	
			1 ks	1x32 W	32W	
		580 W			188 W	-392 W



Obr.23 Navrhovaný stav pro učebnu

5.2 Kancelář

Stávající stav:

Osvětlení vzorového kabinetu v 2.NP je tvořeno stávající osvětlovací soustavou ze symetrických zářivkových přisazených svítidel 2x58W s mřížkou.

Tento stav je dle platné normy ČSN EN 12464-1 vyhovující, avšak technicky je zastaralý. Úkolem je navrhnout nový stav v LED svítidlech jako součást kompletní rekonstrukce elektroinstalace a docílit menší energetické náročnosti. Tento kabinet doposud sloužil jako sklad, nyní bude využíván jako kabinet učitele.



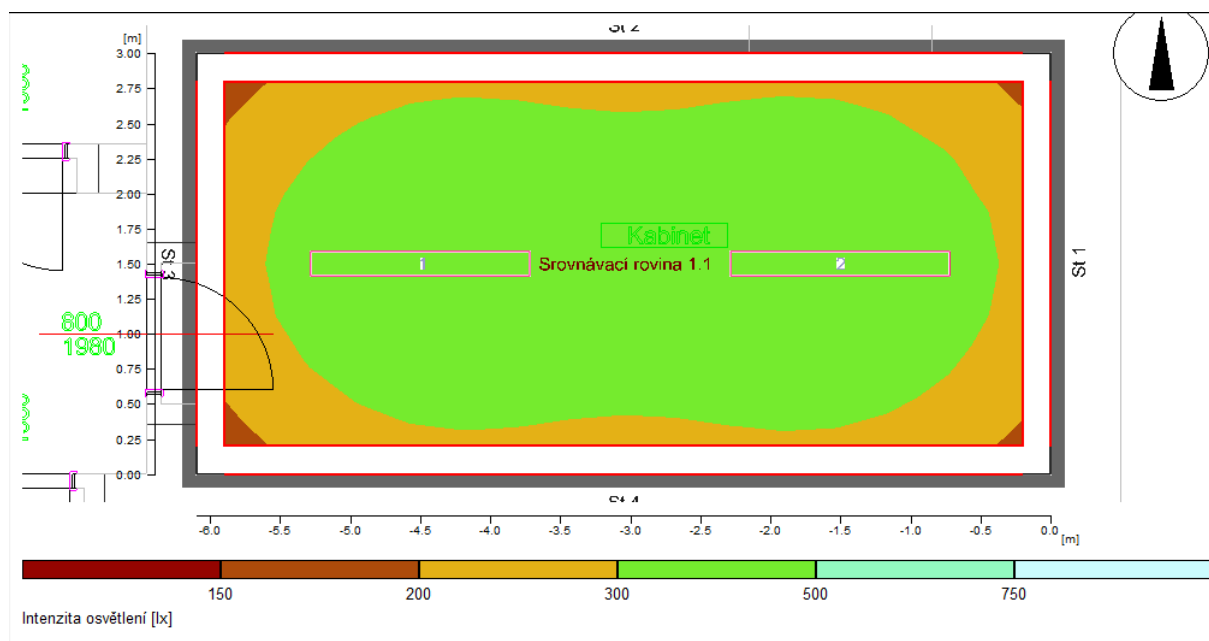
Obr. 24 Stávající stav kabinetu

Zjištěné chyby stávající osvětlovací soustavy

- Ovládání svítidel 1 vypínačem – nemožnost regulace
- Velký instalovaný příkon svítidel – velká energetická

Tab.12 Požadavky na osvětlení dle ČSN EN 12464-1 kancelář/ kabinet učitele

☐ Srovnávací rovina	
Profil	Vzdělávací objekty - Vzdělávací ...
Referenční číslo	5.36.20 (EN 12464-1, 8.2011)
Em [lx]	300.00
Uo	0.60
UGRL	19
GRL	0
Ra	80
Výška srovnávací roviny [m]	0.75
☐ Stěny	
Em [lx]	50.00
Uo	0.10
☐ Strop	
Em [lx]	30.00
Uo	0.10



Obr. 25 Rozmístění nových svítidel pro kabinet

Použitá svítidla:

A, ELEKTRO-LUMEN Nara G1 5k6 840 1x39W Symetrické LED svítidlo 2 ks

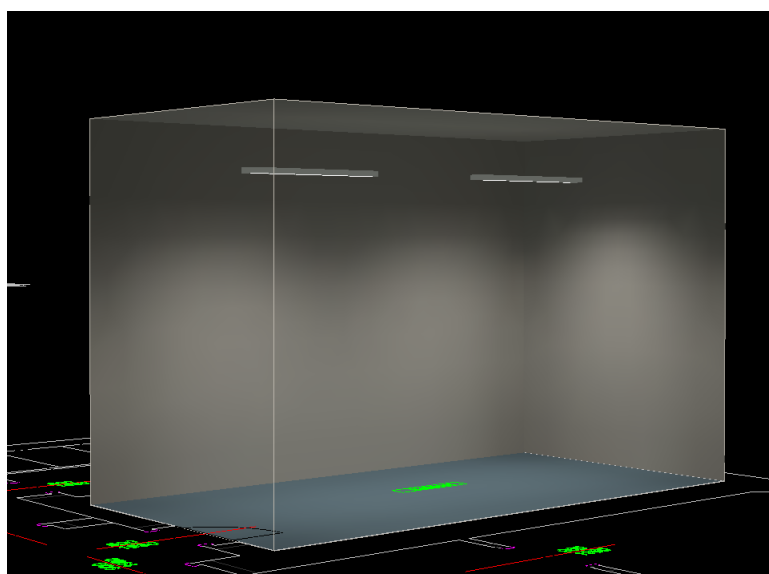
Tab. 13 Výsledné hodnoty nové osvětlovací soustavy pro kabinet

Hodnotící plocha 1		Srovnávací rovina 1.1	
Uživatelský profil		Vzdělávací objekty - Vzdělávací budovy	
		5.36.20 (EN 12464-1, 8.2011) Učiteléské kabinety (Ra >80.00)	
		Vodorovná	
Em	324 lx	(>= 300 lx)	
Emin	197 lx		
Emin/Em (Uo)	0.61	(>= 0.60)	
Emin/Emax (Ud)	0.48		
UGR (2.0H 2.0H)	<=17.1	(< 19.00)	
Pozice	0.75 m		
Hlavní plochy		Em	Uo
m 1.5 (Strop)	42 lx	(>= 30 lx)	0.70 (>= 0.10)
m 1.1 (Stěna)	112 lx	(>= 50 lx)	0.25 (>= 0.10)
m 1.2 (Stěna)	110 lx	(>= 50 lx)	0.27 (>= 0.10)
m 1.3 (Stěna)	105 lx	(>= 50 lx)	0.27 (>= 0.10)
m 1.4 (Stěna)	110 lx	(>= 50 lx)	0.27 (>= 0.10)

Zhodnocení: Z výsledku můžeme pozorovat, že hodnoty splňují požadavky ČSN EN 12464-1, výměna osvětlení proběhne v celkové rekonstrukci. Regulace bude zajištěna rozdělením na 2 ovládací okruhy pomocí vypínače ř. 5. Svítidla budou zavěšena do výšky 3,30 m.

Tab.14 Výpočet instalovaného příkonu kabinetu

Pi – stávající stav			Pi – nový stav			
Počet svítidel	Typ	Celkový příkon	Počet svítidel	Typ	Celkový příkon	Úspora
2 ks	2x58 W	116 W	2 ks	1x39 W	78 W	
		116 W			78 W	-38 W



Obr.26 Navrhovaný stav pro kabinet

5.3 Chodba

Popis stávajícího stavu:

Jedná se o spojovací koridor v 2.NP, osvětlení je zde řešeno použitím 5 žárovkových svítidel 1x100W, je zde opět hlavním úkolem modernizovat zastaralý systém a snížit energetickou náročnost. Koridor však slouží jako úniková cesta pro 2.NP a nouzové osvětlení zde není řešeno. A z požadavků normy ČSN EN 1838 nesplňuje požadavky, tato část je samostatně řešena v kapitole 5.6 kde se zabývám nouzovým osvětlením.



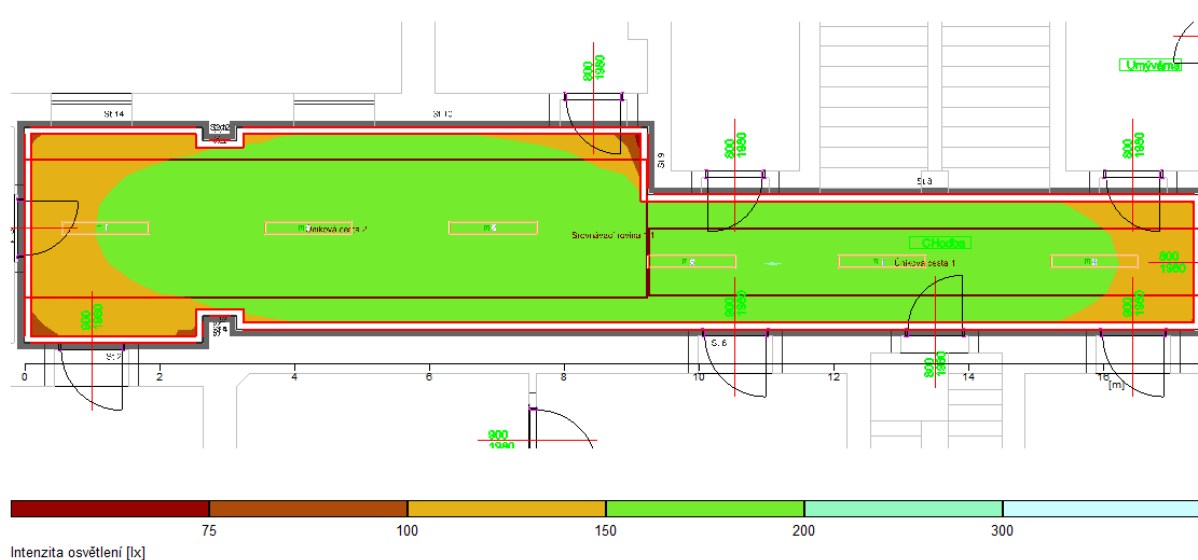
Obr. 27 Stávající stav chodby 2.NP

Zjištěné chyby stávající osvětlovací soustavy

- Velký instalovaný příkon svítidel – velká energetická náročnost
- Nesplnění požadavku EN 1838 – nezajištění osvětlení únikové cesty

Tab. 15 Požadavky na osvětlení chodeb dle požadavky ČSN EN 12464-1

☐ Srovnávací rovina	
Profil	komunikační prostory, chodby
Referenční číslo	Upravený profil
Em [lx]	100.00
Uo	0.40
UGRL	25
GRL	0
Ra	80
Výška srovnávací roviny [m]	0.00
☐ Stěny	
Em [lx]	50.00
Uo	0.10
☐ Strop	
Em [lx]	30.00
Uo	0.10



Obr.28 Rozmístění nových svítidel pro chodbu 2.NP

Použitá svítidla:

C, ELEKTRO-LUMEN Nara G1 12 3k3 840 1x24W Symetrické LED svítidlo doplněné o nouzový modul pro zajištění nouzového osvětlení 6 ks

Tab.16 Výsledné hodnoty nové soustavy pro chodbu v 2.NP

Hodnotící plocha 1		Srovnávací rovina 1.1	
Uživatelský profil: komunikační prostory, chodby (Ra >80.00)			
	Vodorovná		
Em	159 lx	(≥ 100 lx)	
Emin	97 lx		
Emin/Em (Uo)	0.61	(≥ 0.40)	
Emin/Emax (Ud)	0.51		
UGR (6.8H 1.2H)	≤15.6	(< 25.00)	
Pozice	0.00 m		
Hlavní plochy			
	Em		Uo
m 1.12 (Strop)	34 lx	(≥ 30 lx)	0.59 (≥ 0.10)
m 1.1 (Stěna)	77.3 lx	(≥ 50 lx)	0.25 (≥ 0.10)
m 1.2 (Stěna)	64.7 lx	(≥ 50 lx)	0.32 (≥ 0.10)
m 1.3 (Stěna)	44.3 lx	(≥ 50 lx)	0.39 (≥ 0.10)
m 1.4 (Stěna)	73.8 lx	(≥ 50 lx)	0.33 (≥ 0.10)
m 1.5 (Stěna)	93.2 lx	(≥ 50 lx)	0.26 (≥ 0.10)
m 1.6 (Stěna)	80 lx	(≥ 50 lx)	0.32 (≥ 0.10)
m 1.7 (Stěna)	101 lx	(≥ 50 lx)	0.27 (≥ 0.10)
m 1.8 (Stěna)	47.1 lx	(≥ 50 lx)	0.39 (≥ 0.10)
m 1.9 (Stěna)	77.7 lx	(≥ 50 lx)	0.32 (≥ 0.10)
m 1.10 (Stěna)	73.4 lx	(≥ 50 lx)	0.32 (≥ 0.10)
m 1.11 (Stěna)	73 lx	(≥ 50 lx)	0.28 (≥ 0.10)

Zhodnocení: Svítidla zde budou přisazena a rozdělena do dvou skupin kvůli členitosti chodby, ovládání bude zřízeno tlačítky přes schodišťový automat, nová svítidla obsahují nouzové zdroje, které zajišťují splnění požadavků na osvětlení únikové cesty.

Tab.17 Výpočet instalovaného příkonu chodby

Pi – stávající stav			Pi – nový stav			
Počet svítidel	Typ	Celkový příkon	Počet svítidel	Typ	Celkový příkon	Úspora
5 ks	1x100 W	500 W	6 ks	1x24 W	144 W	
		500 W			144 W	-356 W

5.4 Schodiště

Popis stávajícího stavu:

Jedná se o spojovací schodiště z 2.NP do 1.NP, kde stávající žárovková svítidla nesplňují požadavky ČSN EN 12464-1. Schodiště slouží jako úniková cesta pro 2.NP a nouzové osvětlení zde není řešeno a z požadavků normy ČSN EN 1838 nesplňuje požadavky, tato část je samostatně řešena v kapitole 5.6 kde se zabýváme nouzovým osvětlením.



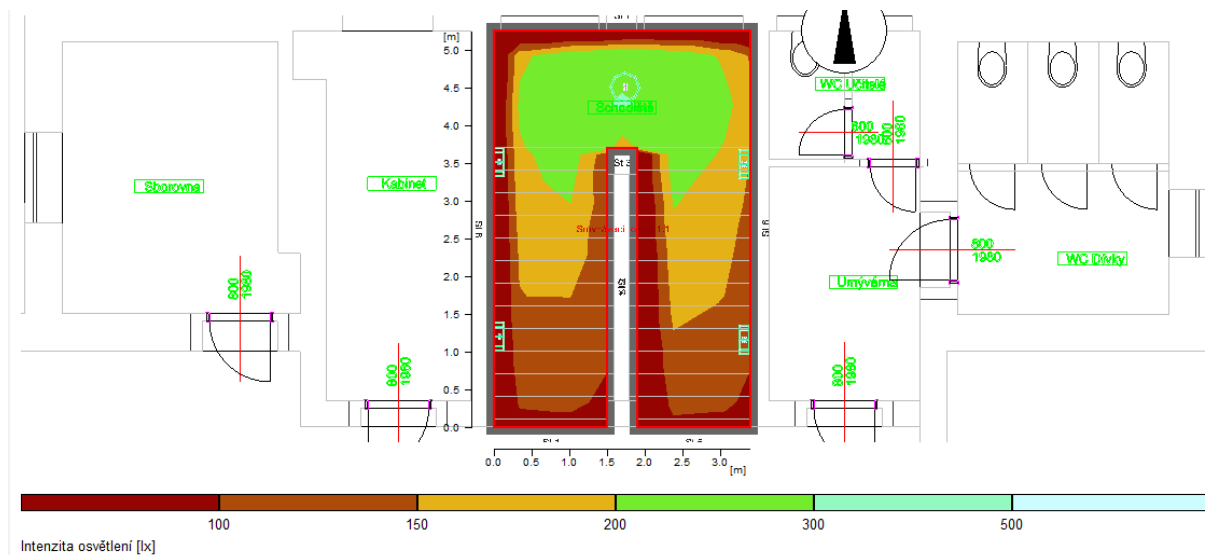
Obr. 29 Stávající stav schodiště

Zjištěné chyby stávající osvětlovací soustavy

- Nesplnění požadavku na osvětlenost ČSN EN 12464-1
- Nesplnění požadavku ČSN EN 1838 – nezajištění osvětlení únikové cesty

Tab.18 Požadavky na osvětlení schodiště dle ČSN EN 12464-1

☐ Srovnávací rovina	
Profil	Vzdělávací objekty - Vzdělávací ...
Referenční číslo	5.36.18 (EN 12464-1, 8.2011)
Em [lx]	150.00
Uo	0.40
UGRL	25
GRL	0
Ra	80
Výška srovnávací roviny [m]	0.00
☐ Stěny	
Em [lx]	50.00
Uo	0.10
☐ Strop	
Em [lx]	30.00
Uo	0.10



Obr. 30 Rozmístění svítidel pro schodiště

Použitá svítidla:

D, MODUS BR SB 27 W Symetrické LED svítidlo doplněné o nouzový modul pro zajištění nouzového osvětlení 5 ks

Tab.19 Výsledné hodnoty nové soustavy pro schodiště

Hodnotící plocha 1 Uživatelský profil

Em
Emin
Emin/Em (Uo)
Emin/Emax (Ud)
UGR (3.2H 4.9H)
Pozice

Srovnávací rovina 1.1

Vzdělávací objekty - Vzdělávací budovy
5.36.18 (EN 12464-1, 8.2011) Schodiště (Ra >80.00)

Vodorovná

175 lx (>= 150 lx)
102 lx
0.58 (>= 0.40)
0.35
<=19.9 (< 25.00)
0.00 m

Zhodnocení: Zde je navýšen počet svítidel osazených nouzovým zdrojem, energetická náročnost se zde sice zvýší, ale docílíme ke splněním požadavků a zajištění dostatečného osvětlení k zvýšení bezpečnosti a splnění pro nouzové osvětlení. 4 svítidla budou přisazeny na stěny, na ramenech schodiště a v mezi podlaží bude 1 svítidlo umístěno na stop.

5.5 Tělocvična

Popis stávajícího stavu:

Jedná o školní tělocvičnu určenou jen pro výuku tělesné výchovy a shromažďování při školních akcích. Osvětlení je zde řešeno 4 kusy zářivkových svítidel, které nemají potřebné mechanické krytí a výměny světelných zdrojů jsou zde komplikované skrze vyšší světlou výšku. Nouzové osvětlení jak únikového východu, tak protipanické zde není zajištěno, a proto tento stav je nevyhovující.



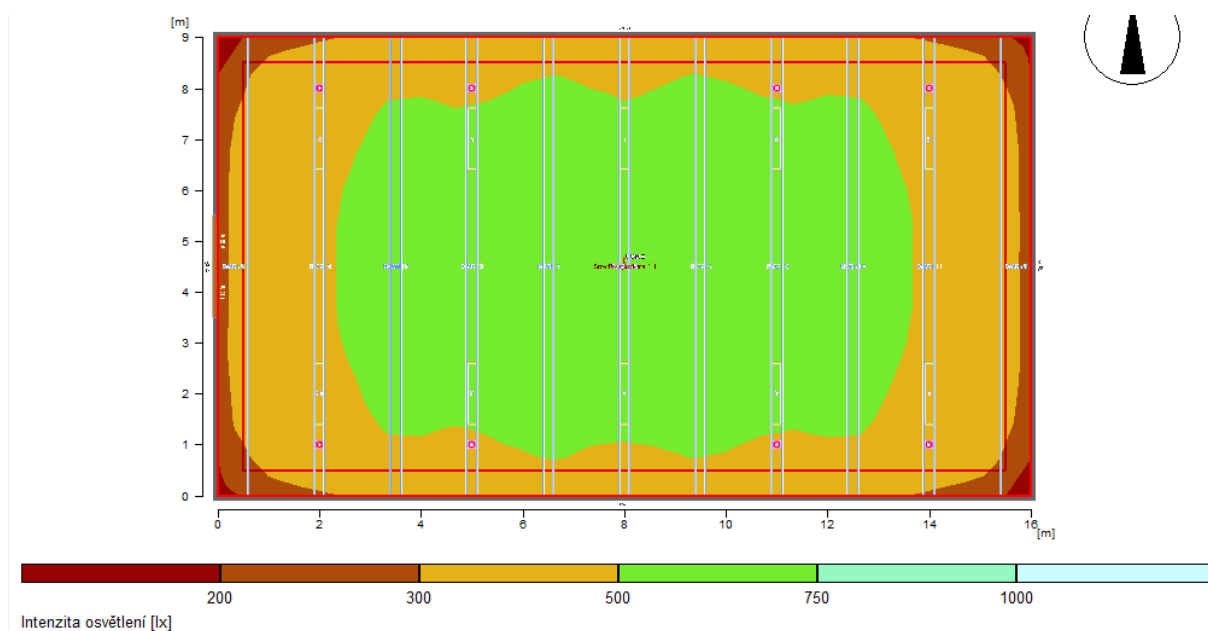
Obr.31 Stávající stav tělocvičny

Zjištěné chyby stávající osvětlovací soustavy

- Nesplnění požadavku na krytí svítidel
- Nedostatečné osvětlení po odečtu denní složky
- Nezajištěné nouzové osvětlení

Tab.20 Požadavky na osvětlení tělocvičny dle ČSN EN 12464-1

☐ Srovnávací rovina	
Profil	Vzdělávací objekty - Vzdělávací ...
Referenční číslo	5.36.24 (EN 12464-1, 8.2011)
Em [lx]	300.00
Uo	0.60
UGRL	22
GRL	0
Ra	80
Výška srovnávací roviny [m]	0.00
Ec [lx]	50.00
Uo (cylindrické)	0.10
☐ Stěny	
Em [lx]	50.00
Uo	0.10
☐ Strop	
Em [lx]	30.00
Uo	0.10



Obr.32 Rozmístění svítidel pro tělocvičnu

Použitá svítidla:

I, MODUS MEGAL V4 LED – symetrické LED svídlo určené pro osvětlení vnitřních sportovišť IK10, IP65 87W 10ks

Tab.21 Výsledné hodnoty nové soustavy pro tělocvičnu

Podlaha tělocvičny Uživatelský profil

Em
Emin
Emin/Em (Uo)
Emin/Emax (Ud)
Pozice

Srovnávací rovina 1.1

Vzdělávací objekty - Vzdělávací budovy
5.36.24 (EN 12464-1, 8.2011) Sportovní haly, tělocvičny, bazény (Ra >80.00)

Vodorovná

465 lx (≥ 300 lx)

válcová

157 lx (≥ 50 lx)

287 lx (≥ 0.60)

117 lx (≥ 0.10)

0.62 (≥ 0.60)

0.74 (≥ 0.10)

0.50

0.45 m

0.00 m

Hlavní plochy

m 1.5 (Strop)
m 1.1 (Stěna)
m 1.2 (Stěna)
m 1.3 (Stěna)
m 1.4 (Stěna)

Em

99 lx (≥ 30 lx)

Uo

0.46 (≥ 0.10)

205 lx (≥ 50 lx)

0.26 (≥ 0.10)

168 lx (≥ 50 lx)

0.42 (≥ 0.10)

204 lx (≥ 50 lx)

0.26 (≥ 0.10)

156 lx (≥ 50 lx)

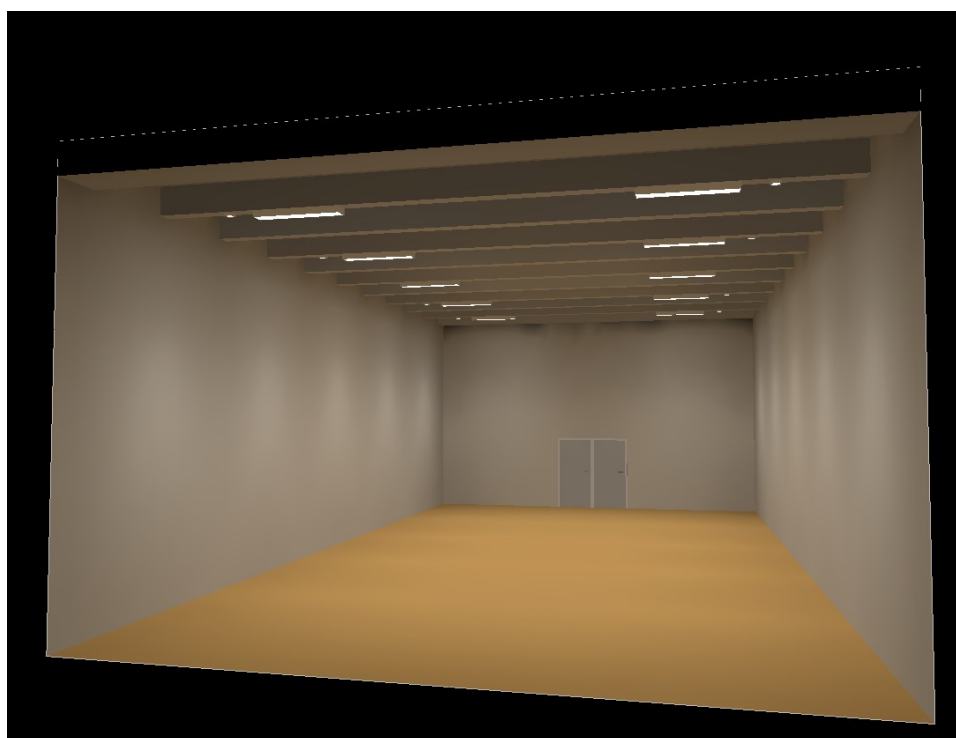
0.35 (≥ 0.10)

Nouzové osvětlení je řešeno samostatně v kapitole 5.5

Zhodnocení: Z výsledku můžeme pozorovat, že hodnoty splňují požadavky ČSN EN 12464-1, svítidla budou přisazena na překlady stropy. Budou rozdělena na 2 ovládací okruhy 1 pro úklid a 1 na plné osvětlení tělocvičny. Z výsledku výpočtů instalovaného příkonu svítidel můžeme vidět, že zde nenastává úspora, naopak se zvýšila, ale současný stav a počet svítidel bylo nedostatečné umělé osvětlení v takové úrovni, že z hlediska hygienických požadavků tělocvičnu nebylo možné provozovat po setmění.

Tab.22 Výpočet instalovaného příkonu umělého osvětlení tělocvičny

Pi – stávající stav			Pi – nový stav			
Počet svítidel	Typ	Celkový příkon	Počet svítidel	Typ	Celkový příkon	Úspora
4 ks	2x80 W	640 W	6 ks	1x87 W	870 W	
		640 W			870W	+230 W



Obr.33 Navrhovaný stav pro tělocvičnu

5.6 Nouzové osvětlení únikových chodeb

Stávající stav:

Zde není řešen v celém objektu školní budovy jsou zde pouze orientační značky směru úniku

Tab. 23 Výsledné hodnoty pro nouzové osvětlení celé budovy

Chodba 1.NP

Použité svítidlo:

C, ELEKTRO-LUMEN Nara G1 12 3k3 840 1x24W Symetrické LED s nouzovým zdrojem – provoz snížen při nouzovém chodu na 5% nominální hodnoty

Výsledek na hodnotící ploše:

Použitý algoritmus výpočtu: Složka přímá
Udržovací činitel: 0.8

Únikové cesty:

Č.	Zadání[lx]	Emin[lx]	Středová osa		Emin[lx]	Plocha		Výška
			Emax[lx]	Rovnom.		Emax[lx]	Rovnom.	
Úniková cesta 1								
1	1.0	3.4	7.4	1: 2.15	3.3	7.4	1: 2.23	0.00
Úniková cesta 2								
2	1.0	4.1	7.5	1: 1.86	2.0	7.5	1: 3.69	0.00

Schodiště 2.NP do 1.NP

D, MODUS BRSE 27W Symetrické LED svítidlo s nouzovým modulem - provoz snížen při nouzovém chodu na 10% nominální hodnoty

Výsledek na hodnotící ploše:

Použitý algoritmus výpočtu: Složka přímá
Udržovací činitel: 0.8

Únikové cesty:

Č.	Zadání[lx]	Emin[lx]	Středová osa		Emin[lx]	Plocha		Výška
			Emax[lx]	Rovnom.		Emax[lx]	Rovnom.	
Úniková cesta 1								
1	1.0	2.7	16.8	1: 6.11	2.5	17.3	1: 6.86	0.00

Vstupní chodba

Použité svítidlo:

C, ELEKTRO-LUMEN Nara G1 12 3k3 840 1x24W Symetrické LED s nouzovým zdrojem – provoz snížen při nouzovém chodu na 5% nominální hodnoty

Výsledek na hodnotící ploše:

Použitý algoritmus výpočtu: Složka přímá
Udržovací činitel: 0.8

Únikové cesty:

Č.	Zadání[lx]	Emin[lx]	Středová osa		Emin[lx]	Plocha		Rovnom.	Výška
			Emax[lx]	Rovnom.		Emin[lx]	Emax[lx]		
Úniková cesta 1									
1	1.0	3.7	8.5	1: 2.31	3.5	8.5	1: 2.40	0.00	

Chodba 1.NP

Použité svítidlo:

C, ELEKTRO-LUMEN Nara G1 12 3k3 840 1x24W Symetrické LED s nouzovým zdrojem – provoz snížen při nouzovém chodu na 5% nominální hodnoty

Výsledek na hodnotící ploše:

Použitý algoritmus výpočtu: Složka přímá
Udržovací činitel: 0.8

Únikové cesty:

Č.	Zadání[lx]	Emin[lx]	Středová osa		Emin[lx]	Plocha		Rovnom.	Výška
			Emax[lx]	Rovnom.		Emin[lx]	Emax[lx]		
Úniková cesta 1									
1	1.0	4.1	8.7	1: 2.14	3.9	8.7	1: 2.23	0.00	

Tělocvična

Použitá svítidla:

J, MODUS LOVATO N 3.0 1W 1h 8ks k - zajištění protipanického osvětlení

E, MODUS EXIT 1W 1h – k osvětlení nouzového východu přelepené piktogramem sloužící jako bezpečnostní značka s vnitřním osvětlením

Tab. 24 *Výsledky nouzového osvětlení pro tělocvičnu*

Výsledek na hodnotící ploše:

Použitý algoritmus výpočtu: Složka přímá
Udržovací činitel: 0.8

Nouzová plocha:

Č.	Zadání[lx]	Emin[lx]	Plocha Emax[lx]	Rovnom.	Výška
Protipanika					
1	0.5	1.0	1.4	1: 1.36	0.00

Zhodnocení: Ve školní budově bude vybudováno nové nouzové osvětlení, které je zajištěno svítidly pro umělé osvětlení i nouzové osvětlení, pomocí vlastního bateriového zdroje. Ve všech případech únikových cest bude soustava doplněna o nouzová svítidla s piktogramem, sloužící jako bezpečnostní značky s vnitřním osvětlením, ukazující směr úniku.

5.7 Sociální zařízení

Popis stávajícího stavu:

Sociální zařízení složeno s WC s jednotlivými buňkami, které nemají osvětlení pro každou buňku zvlášť a osvětlení je zde zajištěno žárovkovými svítidly s krytím IP40, WC pro učitele a umývárnu.



Obr. 34 Stávající stav sociálních zařízení

Zjištěné chyby stávající osvětlovací soustavy

- Nesplnění požadavku na IP krytí svítidel
- Nezajištění osvětlení pro každou WC kabinku

Tab.25 Požadavky na osvětlení sociálních zařízení dle ČSN EN 12464-1

☐ Srovnávací rovina	
Profil	umývárny toalety
Referenční číslo	Upravený profil
Em [lx]	200.00
Uo	0.40
UGRL	25
GRL	0
Ra	80
Výška srovnávací roviny [m]	0.00
☐ Stěny	
Em [lx]	50.00
Uo	0.10
☐ Strop	
Em [lx]	30.00
Uo	0.10

Umývárna

Tab.26 Výsledné hodnoty pro umývárnu

Hodnotící plocha 1

Em
Emin
Emin/Em (Uo)
Emin/Emax (Ud)
UGR (2.0H 3.1H)
Pozice

Srovnávací rovina 1.1

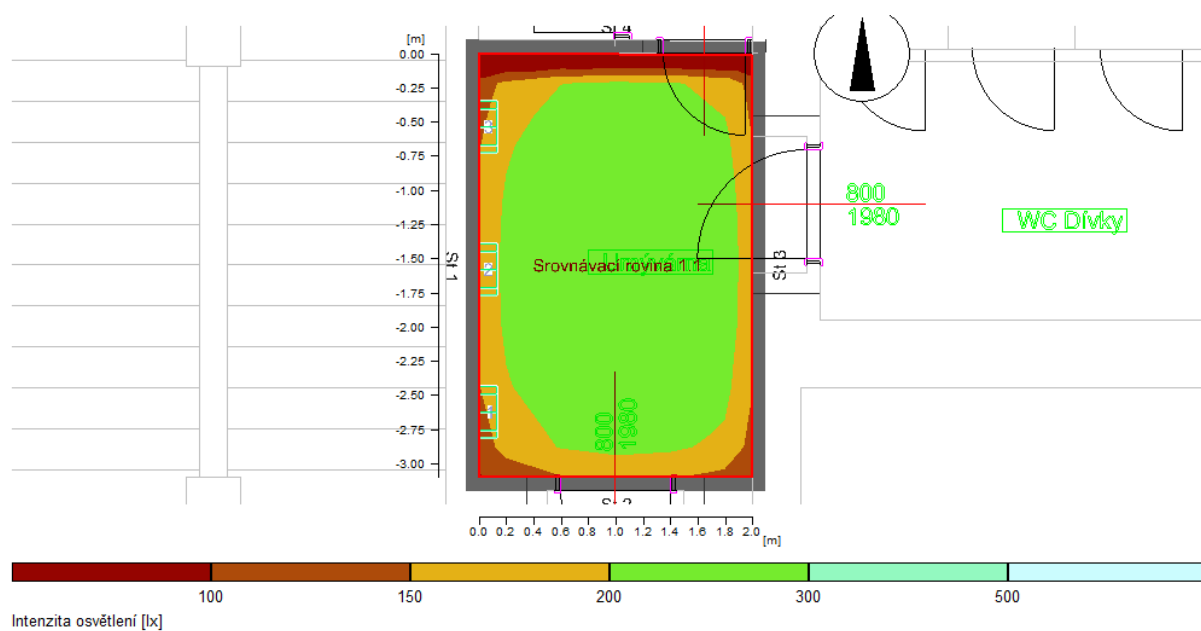
Vodorovná
214 lx (≥ 200 lx)
156 lx
0.73 (≥ 0.40)
0.60
 ≤ 17.5 (< 25.00)
0.40 m

Hlavní plochy

m 1.5 (Strop)
m 1.1 (Stěna)
m 1.2 (Stěna)
m 1.3 (Stěna)
m 1.4 (Stěna)

Em
225 lx
163 lx
266 lx
286 lx
259 lx

Uo
0.73
0.42
0.35
0.44
0.36



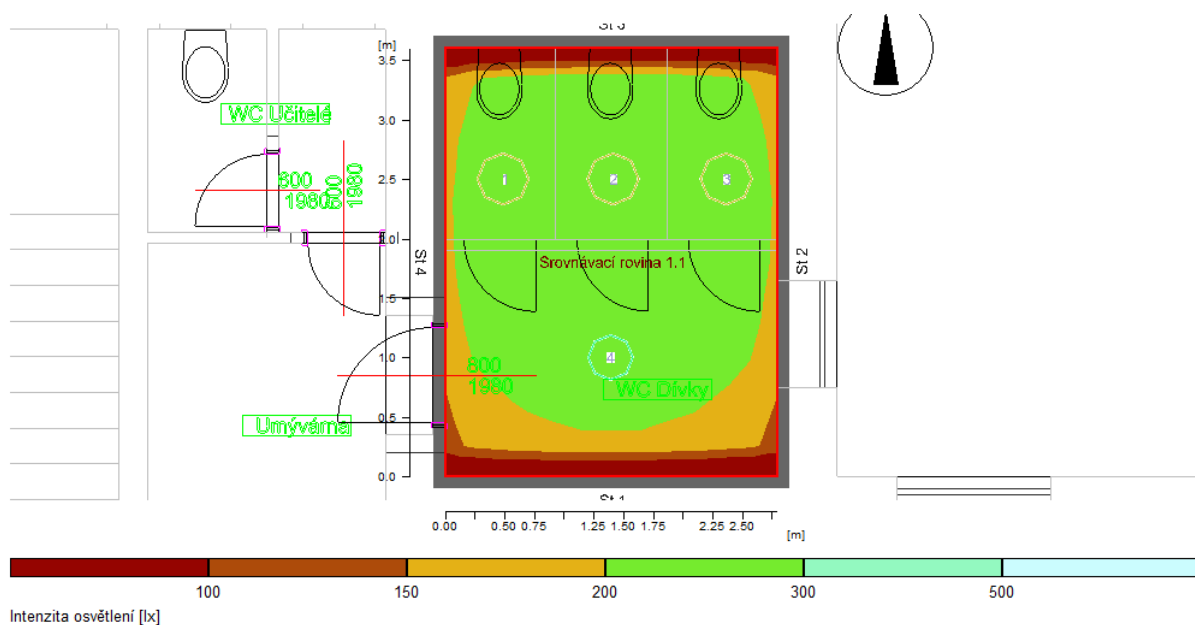
Obr.35 Rozmístění svítidel pro umývárnu

WC

Tab.27 Výsledné hodnoty pro WC

Hodnotící plocha 1		Srovnávací rovina 1.1	
Uživatelský profil: umývárny toalety (Ra >80.00)		Vodorovná	
Em	218 lx	(≥ 200 lx)	
Emin	152 lx		
Emin/Em (Uo)	0.70	(≥ 0.40)	
Emin/Emax (Ud)	0.57		
Pozice	0.00 m		

Hlavní plochy	Em		Uo	
m 1.5 (Strop)	79 lx	(≥ 30 lx)	0.86	(≥ 0.10)
m 1.1 (Stěna)	165 lx	(≥ 50 lx)	0.62	(≥ 0.10)
m 1.2 (Stěna)	175 lx	(≥ 50 lx)	0.52	(≥ 0.10)
m 1.3 (Stěna)	195 lx	(≥ 50 lx)	0.53	(≥ 0.10)
m 1.4 (Stěna)	177 lx	(≥ 50 lx)	0.52	(≥ 0.10)



Obr.36 Rozmístění svítidel pro WC

Použitá svítidla:

D, MODUS BR SB 27 W Symetrické LED svítidlo doplněné umývárna ch o pohybový senzor.

E, MODUS BR SB 24 W Symetrické LED svítidlo.

Zhodnocení: Ovládání svítidel v kabinkách bude zřízeno přes vypínač a každá kabinka bude ovládána samostatně v umývárna a prostory před kabinkách na WC dívky a u pisoáru na WC chlapci bude zřízeno silnějším svítidlem s pohybovým senzorem, k zajištění bezdotykového spínání.

5.8 Dílny

Popis stávajícího stavu:

Dílny slouží k praktické výuce, neprovádějí se zde prašné ani více náročné práce. Osvětlení je zde zajištěno 6 ks zářivkových svítidel 2x58 W.



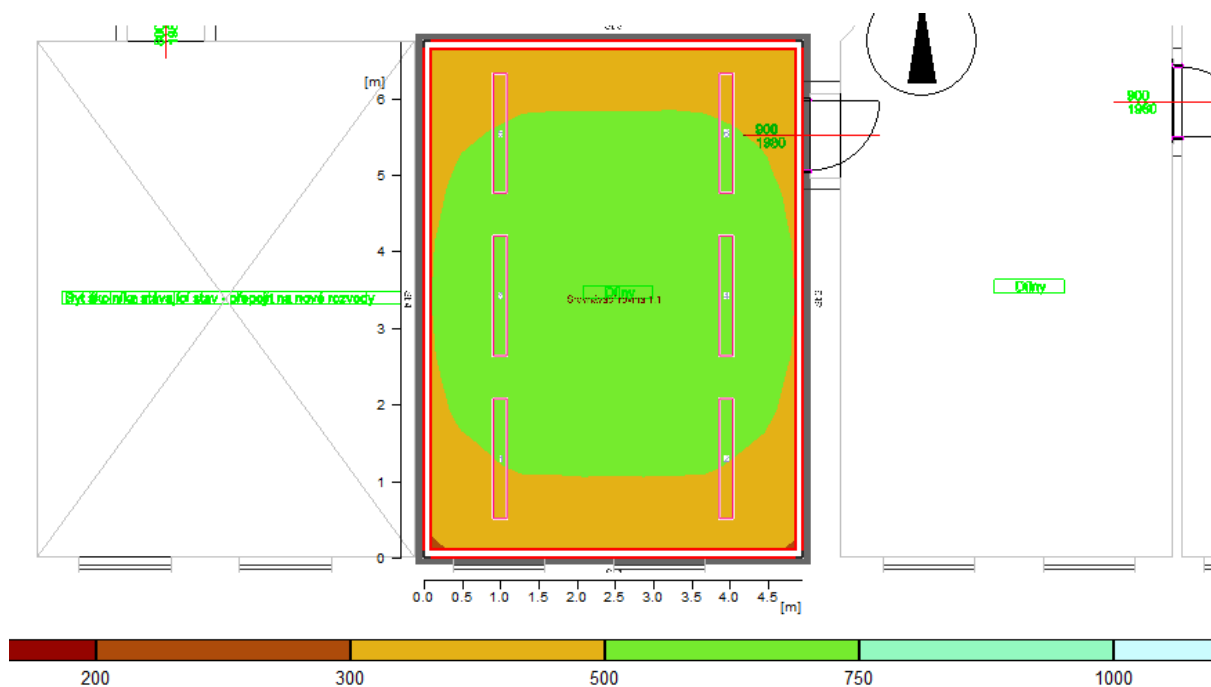
Obr.37 Stávající stav dílen

Zjištěné chyby stávající osvětlovací soustavy

- Ovládání svítidel 1 vypínačem – nemožnost regulace
- Velký instalovaný příkon svítidel –velká energetická náročnost

Tab.28 Požadavky na osvětlení dílen a učeben pro praktickou výuku dle ČSN EN 12464-1

☐ Srovnávací rovina	
Profil	Vzdělávací objekty - Vzdělávací ...
Referenční číslo	5.36.10 (EN 12464-1, 8.2011)
Em [lx]	500.00
Uo	0.60
UGRL	19
GRL	0
Ra	80
Výška srovnávací roviny [m]	0.75
☐ Stěny	
Em [lx]	50.00
Uo	0.10
☐ Strop	
Em [lx]	30.00
Uo	0.10



Obr.38 Rozmístění svítidel pro dílny

Tab. 29 Výsledné hodnoty pro dílny

Hodnoticí plocha 1		Srovnávací rovina 1.1	
Uživatelský profil		Vzdělávací objekty - Vzdělávací budovy	
		5.36.10 (EN 12464-1, 8.2011) Dílny řemeslné výroby (Ra >80.00)	
		Vodorovná	
Em	505 lx	(>= 500 lx)	
Emin	353 lx		
Emin/Em (Uo)	0.70	(>= 0.60)	
Emin/Emax (Ud)	0.58		
UGR (2.0H 2.0H)	<=17.1	(< 19.00)	
Pozice	0.75 m		
Hlavní plochy		Em	Uo
m 1.5 (Strop)	96 lx	(>= 30 lx)	0.81 (>= 0.10)
m 1.1 (Stěna)	204 lx	(>= 50 lx)	0.37 (>= 0.10)
m 1.2 (Stěna)	233 lx	(>= 50 lx)	0.36 (>= 0.10)
m 1.3 (Stěna)	212 lx	(>= 50 lx)	0.38 (>= 0.10)
m 1.4 (Stěna)	233 lx	(>= 50 lx)	0.36 (>= 0.10)

Použitá svítidla:

A, ELEKTRO-LUMEN Nara G1 5k6 840 1x39W Symetrické LED svítidlo

6 ks

Zhodnocení: Z výsledku můžeme pozorovat, že hodnoty splňují požadavky ČSN EN 12464-1, zde bylo důležité zajistit snížení instalovaného výkonu a rozdělit ovládací okruhy, aby bylo zajištěna regulace.

Tab. 30 Výpočet instalovaného výkonu pro dílny

Pi – stávající stav			Pi – nový stav			
Počet svítidel	Typ	Celkový příkon	Počet svítidel	Typ	Celkový příkon	Úspora
ks	2x58 W	996 W	6 ks	1x39 W	234 W	
		996 W			234 W	-762 W

6 Elektro projekt osvětlovacích soustav umělého osvětlení ve škole

6.1. Technická zpráva

6.1.1 Všeobecné údaje

Tato část projektu řeší celkovou rekonstrukci silnoproudé elektroinstalace budovy odděleného pracoviště školního komplexu pro. Vejdovského Táboritů 25 v Olomouci vyjma již dříve zrekonstruovaných částí školní kuchyně a výdejny stravy.

Projekt kromě silnoproudých rozvodů obsahuje výpočty osvětlení.

Projekt je vypracován ve stupni dokumentace pro provedení stavby (DPS).

Podkladem pro vypracování projektu byly:

- prohlídka objektu, stavební nákresy v tištěné podobě
- normy platné v době zpracování PD, hlavně pak ČSN 33 2000-4-41 ed. 3, ČSN 33 2000-5-54 ed. 3, ČSN EN 12464-1, ČSN 33 2000-5-51 ed.3 a pod.
- požární zpráva nebyla k dispozici.

6.1.2 Předpisy a normy

Dokumentace byla provedena podle platných zákonů a vyhlášek a podle předpisů ČSN vydaných v době zpracování PD a nutno se jimi řídit, jak při montáži, tak i při výstupních revizích. Zejména pak:

ČSN 33 0010 Elektrická zařízení. Rozdělení a pojmy.
ČSN 33 0120 Normalizovaná napětí IEC
ČSN 33 0166 ed. 2 Označování kabelů a ohebných šňůr
ČSN EN 60529 Stupně ochrany krytí (krytí IP kód)
ČSN 33 0340 Ochranné kryty elektrických zařízení a předmětů
ČSN 33 1310 ed.2 Bezpečnostní předpisy pro elektrická zařízení určená k užívání osobami bez elektrotechnické kvalifikace
ČSN 33 2000-4-41 ed.3 Ochrana před úrazem elektrickým proudem
ČSN 33 2000-4-42 Ochrana před účinky tepla
ČSN 33 2000-4-43 Ochrana proti nadproudům
ČSN 33 2000-4-473 Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Oddíl 473:
Opatření k ochraně proti nadproudům
ČSN 33 2000-5-51 ed.2,3 Výběr a stavba elektrických zařízení. Všeobecná ustanovení
ČSN 33 2000-6 ed.2 Elektrické instalace nízkého napětí, Část 6: Revize
ČSN 33 2000-5-54 ed.3 Uzemnění, ochranné vodiče a vodiče ochr. pospojování
ČSN 33 2000-7-701 ed.2 Elektrické zařízení v koupelnách a sprchách
ČSN 33 2130 ed.3 Vnitřní elektrické rozvody

ČSN 33 2180 Připojování elektrických přístrojů a spotřebičů
ČSN 33 2000-5-52 Elektrická zařízení. Výběr a stavba elektrických zařízení
ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů
ČSN EN 1838 Světlo a osvětlení – Nouzové osvětlení
ČSN EN 50172 Systémy nouzového únikového osvětlení
ČSN 34 7402 – Pokyny pro používání NN kabelů a vodičů
ČSN 36 00 08 Oslnění, jeho hodnocení a zábrana

Normy jsou doporučené, ale závazné k dodržení českých a evropských standardů ke splnění technických a hygienických požadavků. Seznam použitých norem viz. stránka č.79 [18]

6.1.3 Základní údaje

- **Napájecí rozvod, napěťová soustava TN-C-S, 400/230V, 50Hz**

Napěťová soustava:	3+PEN, AC 50Hz, 230/400V, TN-C
	3+PE+N, AC 50Hz, 230/400V, TN-C-S
	1+PE+N, AC 50Hz, 230V, TN-S

Místem změny soustavy TN-C na TN-C-S je nový hlavní rozvaděč RH.

Přívod elektrické energie je ze dvou sad pojistek na oplocení budovy. 1 sada napájí prostory, které nejsou předmětem této PD. Druhá sada pojistek zajišťuje přívod elektrické energie do budovy. Nový přívod bude natažen kabelem CYKY 4x25, který je ukončen v elektroměrovém rozvaděči RE, z RE bude napojen RH jištěný hlavním jističem 50B/3 10kA dle připojovacích podmínek vybraného dodavatele. Z rozvaděče RE je přívod natažen do hlavního rozvaděče RH, kde se soustava TN-C rozdělením vodiče PEN dělí na soustavu 3 x L – fázový vodič, 1x N – nulový vodič, 1x PE ochranný vodič. Z toho rozvaděče jsou napájeny okruhy v 1. NP a dále rozvedeny přívody pro rozvaděče RP budou nataženy kabelem CYKY 5x6 jištěný 25B/3 a pro rozvaděče v učebnách přívod CYKY 5x4 jištěný 20B/3.

- **Stupeň důležitosti dodávky elektrické energie:**

- 3 – běžné rozvody

- **Ochrana proti zkratu, přetížení**

- Ochrana proti zkratu – pojistkami nebo jističi s dostatečnou zkratovou odolností,
- Ochrana proti přetížení – pojistkami a jističi s charakteristikou vhodnou pro chráněná zařízení

- **Ochrana před úrazem elektrickým proudem při poruše podle ČSN 33 2000-4-41 ed.3:**

- Základní - automatickým odpojením od zdroje, ochranným pospojováním
- Zvýšená – doplňujícím ochranným pospojováním a proudovým chráničem, všechny neživé části jsou připojeny k ochrannému obvodu a v místech, kde je nebezpečné prostředí je provedena zvýšená ochrana pospojováním proudovým chráničem. Průřez kabelů je koordinován s jistícím prvkem a zkratovými poměry, aby impedance poruchových smyček kabelových obvodů vyhověla podmínce bezpečného vypnutí v souladu s požadavky ČSN 33 2000-4-41 ed.3.

- **Ochrana proti přepětí**

- Ochrana proti spínacímu přepětí není uvažována.

- **Vnější vlivy**

Dle samostatná kapitola 6.2

6.1.4 Bilance příkonů:

- **Výpočetní údaje:**

Pro výpočet byly vztahy průměrné hodnoty s dostatečnou rezervou

Učebny: 8x

Světelné obvody $P_i = 188 \text{ W}$

Zásuvkové obvody $P_i = 2000 \text{ W}$

Celkem: **17,5 kW**

Dílny: 3x

Světelné obvody $P_i = 234 \text{ W}$

Zásuvkové obvody $P_i = 2000 \text{ W}$

Celkem: **6,7 kW**

Kabinet/sborovny/ředitelna: 7x

Světelné obvody $P_i = 162 \text{ W}$

Zásuvkové obvody $P_i = 2000 \text{ W}$

Celkem: **15,1 kW**

Schodiště/chodby/vstupní prostory: 6x

Světelné obvody $P_i = 117 \text{ W}$

Zásuvkové obvody $P_i = 1000 \text{ W}$

Celkem: **6,7 kW**

Sociální prostory/šatny 5x

Světelné obvody $P_i = 288 \text{ W}$

Celkem: **1,4 kW**

Tělocvična: 1x

Světelné obvody $P_i = 870 \text{ W}$

Zásuvkové obvody $P_i = 2000 \text{ W}$

Celkem: **2,8 kW**

Rezerva pro budovu:

Světelné obvody $P_i = 500 \text{ W}$

Zásuvkové obvody $P_i = 2000 \text{ W}$

Celkem: **2,5 kW**

Rezerva pro budoucí přesunutí kotelny:

Celkem: **10 kW**

Celkový instalovaný příkon:	53 kW
Soudobost:	0.4
Výpočtový příkon:	22 kW (+10kW)

Výpočtový proud I_v pro hlavní jistič před elektroměrem:

$$I_v = \frac{P_v}{\sqrt{3} \cdot U_S \cdot \cos \varphi} = \frac{32000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 57 \text{ A}$$

Viz. Kapitola 3 – Tab. 3 + 4

Určíme jistič **50B/3** a použitý kabel **CYKY 4x16** uložení **B**

6.1.5 Technické řešení

Do současné doby bylo 1.NP, 2. NP a tělocvična provozovaný z doby výstavby objektu a provizorních řešení nevyhovující dnešním požadavkům.

Pro napojení nových zásuvkových vývodů budou vyrobeny nové rozvaděče samostatně pro každé 2 učebny, popř. přidružené místnosti k nim označených RK zbytek bude napájen z patrového rozvaděče označeného RP označený ve výkresech symbolem. Rozvaděče osazený v únikových prostorech musí splňovat min krytí IP40 s požární odolností EI30DP1-Sm na zbylé rozvaděče se požární odolnost nevztahuje.

Rozvaděče budou provedeny v krytí IP min. .../20, protože se předpokládá obsluha nebo práce osobami pouze s kvalifikací podle § 4, tj. osobami poučenými pro zařízení podle vyhlášky ČÚBP 50/78.

6.1.6 Světelná instalace

A, Umělé osvětlení

Pro kancelářské a provoz učeben je navrženo nové osvětlení pomocí LED svítidel. Svítidla budou napojena na nové světelné obvody z příslušných rozvaděčů. Svítidla budou napojena kabely CYKY-J 3x1.5. Ovládání bude provedeno pomocí spínačů řazení 5 s tím, že jedna polovina spínače bude ovládat dvě svítidla u okna, druhá polovina pak další dvě svítidla spínačem řazení 1 se bude ovládat asymetrické svítidlo sloužící k osvětlení tabule. Kabely ke spínačům CYKY-O 3x1 dle potřeby CYKY-J 5x1,5 uložené pod omítkou. Každý světelný obvod je vybaven samostatným proudovým chráničem s nadproudovou ochranou s rozdílovým proudem 30 mA dle ČSN 33 2000-4-41 ed.3.

Celková hladina osvětlenosti je volena dle ČSN EN 12464-1 viz. Kapitola 5.

B, Nouzové osvětlení

Nouzové osvětlení je řešeno dle zásad ČSN EN 1838 - LED svítidla s nouzovým zdrojem jsou volena k zajištění minimálních požadovaných hodnot v CHÚC doplněné nouzovými svítidly ukazující směr úniku příslušným piktogramem sloužící jako bezpečnostní značka s vnitřním osvětlením.

Nouzová svítidla jsou za běžného provozu napájena z rozvodu umělého osvětlení a při výpadku proudu ze sítě dojde k automatickému přepnutí na vnitřní zdroj (akumulátor), který zajistí funkci svítidla po požadovanou dobu 60 minut.

6.1.7 Zásuvková instalace

Zásuvková elektroinstalace je provedena pomocí typových zásuvek osazovaných do tzv. hnízd v rozsahu podle výkresové dokumentace doplněné o zásuvky o dříve specifikované vybavení a tzv. úklidové zásuvky umístěné při vstupu do místností uložené pod omítkou.

Zásuvky pro výpočetní techniku (hnědé či červené kryty) jsou bez proudového chrániče z povolených výjimek v ČSN 33 2000-4-41 ed.3 a naopak zásuvky bílé jsou napojeny za proudový chránič.

Zásuvková hnízda jsou doplněny o jednu datovou zásuvku 2xRJ 45, které budou svedeny do slaboproudého rozvaděče s kooperací IT správce budovy datové rozvody nejsou součástí PD.

Kabely k zásuvkám bude využito CYKY-J 3x2,5 k ušetření finančních prostředků se zde bude provádět tzv. smyčkování. S tím že nebude přesáhnuto 10ks zásuvek pro 1 obvod. (dvojnásobné zásuvky počítány jako 1 vývod)

6.1.8 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Základní ochrana před úrazem el. proudem při normálním provozu je provedena izolací a kryty podle ČSN 33 2000-4-41 ed.3.

Základní ochrana před úrazem el. proudem při poruše je provedena samočinným odpojením od zdroje a ochranným pospojováním podle ČSN 33 2000-4-41 ed.3, zvýšená ochrana je provedena doplňujícím pospojováním a proudovým chráničem podle výše uvedené normy.

U zásuvek, jejichž jmenovitý proud nepřekračuje 20 A, které jsou užívány laicky a jsou určeny pro všeobecné použití je použita doplňková ochrana proudovými chrániči s rozdílovým proudem 30 mA.

Pod nebo vedle rozvaděče RH bude zřízena hlavní ochranná přípojnice (HOP), na kterou jsou připojeny všechny trvale instalované vodivé části.

V hlavních trasách kabelových rozvodů je veden zemnicí vodič CY 10 (Ž-Z), na který jsou připojeny kostry všech elektrických zařízení.

6.1.9 Slaboproud

- **Rozvod strukturované kabeláže**

Zásuvky strukturované kabeláže (SK) budou osazovány do společných hnízd se silovými zásuvkami. Zásuvky SK typu 2x RJ45 budou napojeny vždy párem kabelů UTP Cat.6 vedenými do místnosti serveru a ukončeny budou pomocí PATCH panelů ve skříni RACK. Kabely budou uloženy v ohebné elektroinstalační trubce.

Další řešení SK není součástí projektu.

6.2 Protokol o určení vnějších vlivů

Požité normy: ČSN 33 2000 5-51 ed.3

Členská komisní rada: Jakub Školař

Lokalizace: STŘEDNÍ ŠKOLA, ZÁKLADNÍ ŠKOLA a MATEŘSKÁ ŠKOLA prof. Vejvodského Olomouc - Hejčín

Pracoviště Základní škola a Střední škola Táboritů 25

Táboritů 25, 779 00 Olomouc, Česká republika

Prostory: Učebny, Tělocvična, Sociální zařízení, Kabinet, Venkovní prostory, Vstupní haly

A, Učebny a ostatní prostory volně přístupné dětem

Odůvodnění: Hlavních vnějších vlivů

AA5 – Vnitřní prostory se souvislým vytápěním +5°C - + 40°C

AB5 – Vnitřní prostory s regulací

BA2 – Prostory s výskytem dětí

BE3 – Velká hustota obsazení, snadné podmínky pro únik

Ostatní vlivy jsou zanedbatelné

Stanovení prostorů z hlediska úrazu elektrickým proudem:

Vnější vlivy v uvedených prostorách jsou z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem klasifikovány jako **prostory nebezpečné** dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 Změna Z1

Požadavky na svítidla: AE2/AB5 - Min krytí IP 20, AA5 - Teplotní rozsah +5 - +25°C dle Hygienických nařízení pro trvalý pobyt osob, AG1/AH1 – Stupeň zvýšeného krytí IKxx Nepožadován

B, Prostory nepřístupné dětem (kancelář/kabinet, sklad)

Odůvodnění: Hlavních vnějších vlivů

AA5 – Vnitřní prostory se souvislým vytápěním +5°C - + 40°C

AB5 – Vnitřní prostory s regulací

BE3 – Velká hustota obsazení, snadné podmínky pro únik

Ostatní vlivy jsou zanedbatelné

Stanovení prostorů z hlediska úrazu elektrickým proudem:

Vnější vlivy v uvedených prostorách jsou z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem klasifikovány jako **prostory normální** dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 Změna Z1

Požadavky na svítidla: AE2/AB5 - Min krytí IP 20, AA5 - Teplotní rozsah +5 - +25°C dle Hygienických nařízení pro trvalý pobyt osob, AG1/AH1 – Stupeň zvýšeného krytí IKxx Nepožadován

C, Tělocvična

Ostatní vlivy jsou zanedbatelné

Odůvodnění: Hlavních vnějších vlivů

- AA5 – Vnitřní prostory se souvislým vytápěním +5°C - + 40°C
- AB5/AE3 – Vnitřní prostory s regulací
- AG1/AH1 – Třída vlivu, dle ČSN 33 2000-5-51 ed.3 hodnocena jako normální, avšak připouští v určitých případech nezbytná speciální opatření (rázy sportovním vybavením)
- BA2 – El. Zařízení nejsou volně dostupná dětem vstup pouze za dozoru osoby poučené

Stanovení prostorů z hlediska úrazu elektrickým proudem:

Vnější vlivy v uvedených prostorách jsou z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem klasifikovány jako **prostory normální** dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 Změna Z1

Požadavky na svítidla:

AE2/AB5 - Min krytí IP 44

AA5 - Teplotní rozsah +5 - +40°C

AG1/AH1 – Stupeň zvýšeného krytí IK10 nedosažena výška <6m,

Zajistit osvětlení únikového východu + označit piktogramem

D, Sociální zařízení

Odůvodnění: Hlavních vnějších vlivů

- AA5 – Vnitřní prostory se souvislým vytápěním +5°C - + 40°C
- AB5 – Vnitřní prostory s regulací
- AD4 – Stříkající voda
- BE3 – Velká hustota obsazení, snadné podmínky pro únik
- Ostatní vlivy jsou zanedbatelné

Stanovení prostorů z hlediska úrazu elektrickým proudem:

Vnější vlivy v uvedených prostorách jsou z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem klasifikovány jako **prostory zvlášť nebezpečné** dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 Změna Z1

Požadavky na svítidla: AD4 - Min krytí IP 44, AA5 - Teplotní rozsah +5 - +25°C dle Hygienických nařízení pro trvalý pobyt osob, AG1/AH1 – Stupeň zvýšeného krytí IKxx Nepožadován

D, Dílny a učebny pro praktickou výuku

Odůvodnění: Hlavních vnějších vlivů

AA5 – Vnitřní prostory se souvislým vytápěním +5°C - + 40°C

AB5 – Vnitřní prostory s regulací

BA2 – Prostory s výskytem dětí

BE3 – Velká hustota obsazení, snadné podmínky pro únik

Ostatní vlivy jsou zanedbatelné

Stanovení prostorů z hlediska úrazu elektrickým proudem:

Vnější vlivy v uvedených prostorách jsou z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem klasifikovány jako **prostory nebezpečné** dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 Změna Z1

Požadavky na svítidla: AE2/AB5 - Min krytí IP 20, AA5 - Teplotní rozsah +5 - +25°C dle Hygienických nařízení pro trvalý pobyt osob, AG1/AH1 – Stupeň zvýšeného krytí IKxx Nepožadován

6.3 Výkresová dokumentace

Výkresová dokumentace v stupni DPS (dokumentace pro provedení stavby) je dostupná v příloze A souboru PD-DPS-Táboritů 25.dwg. dostupná na IS EDISON

Seznam dokumentace: 1.4. Technika prostředí staveb

1. E 0-1 Půdorys I.NP/a – elektro
2. E 0-1.1 Jednopolové schéma rozvaděče RK 4
3. E 0-1.2 Jednopolové schéma rozvaděče RK 5
4. E 0-2 Půdorys I.NP/b – elektro
5. E 0-2.1 Jednopolové schéma rozvaděče RP 3
6. E 0-3 Půdorys II.NP – elektro
7. E 0-3.1 Jednopolové schéma rozvaděče RP1
8. E 0-3.2 Jednopolové schéma rozvaděče RK1
9. E 0-3.3 Jednopolové schéma rozvaděče RK2
10. E 0-3.4 Jednopolové schéma rozvaděče RK3
11. E 0-4 Jednopolové schéma hlavního rozvaděče RH
12. E 0-5 Jednopolové schéma elektroměrového rozvaděče RE
13. E 0-6 Blokové schéma rozvaděčů

6.4 Kniha svítidel

Kompletní technické údaje o svítidlech jsou doloženy technickými listy v příloze C

A, ELEKTRO-LUMEN Nara G1 5k6 840 1x39W Symetrické LED svítidlo

B, ELEKTRO-LUMEN SITA 12 3k8 840 1x32W Asymetrické LED svítidlo

C, ELEKTRO-LUMEN Nara G1 12 3k3 840 1x24W

D, MODUS BRSB 27W

E, MODUS BRSB 24W

F, MODUS EXIT 1W 1h

G, MODUS LOVATO 3.O 1W 1h

H, ECOLED HERMES 36W IP66

I, MODUS MEGAL V4 87W IK10 IP65

6.5 Výkonové bilance

Tab. 31 Výpočet energetického snížení

Stávající stav			Nový stav		
Hlavní jistič	Kabel	Celkový Pi vč. (soudobost 0.4)	Hlavní jistič	Kabel	Celkový Pi vč. (soudobost 0.4)
80 B/3	AYKY 4x35	52 kW	50B/3	CYKY 4x16	22 kW + 10kW (Rezerva kotelna)

Závěr:

Cílem této diplomové práce bylo zpracovat kompletní projekt pro školu odděleného pracoviště prof. Vejvodského, Táboritů 25 v Olomouci. Provedl jsem orientační měření osvětlenosti, fotodokumentaci a vyhodnocení celkového stavu elektroinstalace. Dále jsem zpracovával projekt tak, aby z pohledu projektanta vše odpovídalo platným normám a z pohledu investora co nejjednoduššímu a efektivnímu řešení. Projekt bude zařazen do kompletní rekonstrukce školy za účelem snížení energetické náročnosti a obnovy osvětlení, kde stávající soustava je fyzicky a morálně zastaralá a nesplňuje hygienické požadavky.

V první části jsem musel překreslit z papírové formy do digitální formy do programu CADCON+ 2016 celý půdorys školy. Jako druhou část jsem provedl světelně-technické výpočty pro jednotlivé školní prostory, zde jsem využil podobnosti objektu a následně využíval získané informace ze vzorových prostor. Po splnění požadavků dle ČSN EN 12464-1 s vhodně zvolenými svítidly dle vypracovaného protokolu o určení vnějších vlivů, jsem exportoval rozmístění svítidel do programu CADCON+ 2016.

Vstupy pro program Relux jsem použil pro výpočet udržovací činitel 0,8, který jsem odvodil dle nejnáchylnějších svítidel a odraznosti nastavil doporučené dle normy. Následně jsem stanovil plán údržby, který je přiložen a provozovateli jsem doporučil se ho držet tak, aby navrhnutá soustava v moderních LED svítidlech dosahovala vypočítaných hodnot.

Následně jsem navrhnul zásuvkové obvody a světelné okruhy, které jsou zaznačené ve výkresové dokumentaci, které jsou navrhnuty tak, aby zajišťovaly personálu dostatečné počty zásuvek pro vykonávání práce. Dále jsem vypočítal celkový instalovaný výkon, dle kapitoly 3 jsem spočítal průřezy a jištění obvodů a také zkreslil jednopólová schémata rozvaděčů.

Po dokončení výkresové dokumentace a výpočtů jsem porovnal nový stav ze stávajícím. Ve výpočtech jsem počítal s dostatečnou rezervou, a také s případnou rezervou pro přemístění kotelny do 1.PP. Následně lze určit z tabulky 31, že hlavní jistič před fakturačním elektroměrem klesnul z hodnoty 80 A na hodnotu 50 A s tím, že do budoucna jsou rozvody nachystány i pro nejmodernější vybavení pro školy. Z rostoucího trendu ceny elektrické energie touto rekonstrukcí bude šetřit nejen stále měsíční poplatky za příliš vysoký jistič, ale i za nižší energetickou náročnost z provozu budovy a v neposlední řadě menší nároky údržby a velice důležitou bezpečnost personálu školy a žáků. Díky kvalitním svítidlům bude zajištěno dostatečné osvětlenosti, což povede i ke zvýšení produktivity.

Použitá literatura

- [1] Wikisofia: Wikiskripta. : *Elektromagnetické záření* [online]. 2013 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: https://wikisofia.cz/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD
- [2] Základy světelné techniky. Elekrika.cz [online]. [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/srvo-zaklady-svetelne-techniky>
- [3] *O světle: Základní jednotky světelné techniky* [online]. 2014 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://palobastl.sweb.cz/svetlo/svetlo.html>
- [4] *Profi elektrika: SRVO: Základy světelné techniky* [online]. 2021 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/srvo-zaklady-svetelne-techniky>
- [5] *Palnas: Jak nás ovlivňuje barva světla?* [online]. 2021 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.palnas.cz/blog/jak-nas-ovlivnuje-barva-svetla>
- [6] *Wikipedie: Žárovka* [online]. 2021 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BD%C3%A1rovka>
- [7] *Elektross: Zářivka* [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://elektross.gjn.cz/svitime/zarivka/zarivka.html>
- [8] *LED SOLUTION: Jak LED diody fungují* [online]. 2021 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <http://elektross.gjn.cz/svitime/zarivka/zarivka.html>
- [9] SOKANSKÝ, Karel. KOLEKTIV. *Racionalizace v osvětlování kancelářských, školských a bytových prostor*. Ostrava: Česká společnost pro osvětlování, 2004.
- [10] *MODUS: Katalog* [online]. 2018 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.modus.cz/katalog/>
- [11] *DIMENZOVÁNÍ A JIŠTĚNÍ ELEKTRICKÝCH VEDENÍ* [online]. Ostrava, 2006 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/rozvody_lomy/09_dimenzovani.pdf. Katedra obecné elektrotechniky Fakulta elektrotechniky a informatiky, VŠB - TU Ostrava. Vedoucí práce Doc. Ing. Václav Vrána, CSc., Ing. Václav Kolář.
- [12] *Druhy nouzového osvětlení Světlo a osvětlení - Nouzové osvětlení* [online]. 2015 [cit. 2021-03-11]. ISBN ČSN EN 1838. ISSN 36 0453.
- [13] *Nouzové osvětlení. Světlo - časopis pro osvětlování* [online]. FCC PUBLIC, 2021 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/nouzove-osvetleni--2826>
- [14] *Nouzové osvětlení. TZB info* [online]. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/14667-nouzove-osvetlenig>
- [15] *Tzbinfo. Tzbinfo* [online]. 2004 [cit. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/2129-stupne-kryti-elektrickych-rozvadecu-nizkeho-napeti>
- [16] ČSN EN 12464-1 *Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů* [online]. 2012 [cit. 2021-04-28]. ISBN ČSN EN 12464-1. ISSN 36 0450
- [17] *ElektroPrůmysl.cz: Nouzové osvětlení dle ČSN EN 1838 z roku 2015* [online]. [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/osvetlovaci-technika/nouzove-osvetleni-dle-csn-en-1838-z-roku-2015>

[18] *Česká agentura pro standardizaci: ČSN online pro jednotlivce* [online]. [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <https://csnonline.agentura-cas.cz/>

Seznam použitých norem pro zpracování projektové dokumentace dostupné z po zaplacení tarifního poplatku na dobu určitou: [18]

ČSN 33 0010 Elektrická zařízení. Rozdělení a pojmy.
ČSN 33 0120 Normalizovaná napětí IEC
ČSN 33 0166 ed.2 Označování kabelů a ohebných šňůr
ČSN EN 60529 Stupně ochrany krytí (krytí IP kód)
ČSN 33 0340 Ochranné kryty elektrických zařízení a předmětů
ČSN 33 1310 ed.2 Bezpečnostní předpisy pro elektrická zařízení určená k užívání osobami bez elektrotechnické kvalifikace
ČSN 33 2000-4-41 ed.3 Ochrana před úrazem elektrickým proudem
ČSN 33 2000-4-42 Ochrana před účinky tepla
ČSN 33 2000-4-43 Ochrana proti nadproudům
ČSN 33 2000-4-473 Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti
ČSN 33 2000-5-51 ed.2,3 Výběr a stavba elektrických zařízení. Všeobecná ustanovení
ČSN 33 2000-6 ed.2 Elektrické instalace nízkého napětí, Část 6: Revize
ČSN 33 2000-5-54 ed.3 Uzemnění, ochranné vodiče a vodiče ochr. pospojování
ČSN 33 2000-7-701 ed.2 Elektrické zařízení v koupelnách a sprchách
ČSN 33 2130 ed.3 Vnitřní elektrické rozvody
ČSN 33 2180 Připojování elektrických přístrojů a spotřebičů
ČSN 33 2000-5-52 Elektrická zařízení. Výběr a stavba elektrických zařízení
ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů
ČSN EN 1838 Světlo a osvětlení – Nouzové osvětlení
ČSN EN 50172 Systémy nouzového únikového osvětlení
ČSN 34 7402 – Pokyny pro používání NN kabelů a vodičů
ČSN 36 00 08 Oslnění, jeho hodnocení a zábrana

Použité programy pro zpracování projektové dokumentace a diplomové práce:

- 1, Microsoft word
- 2, Relux
- 3, CADCON+ 2016

Seznam příloh: Dostupné na IS EDISON – VŠB TUO OSTRAVA

2021_SKO0123_DP_Příloha.zip

Příloha A, Výkresová dokumentace

Příloha B, Světelně-technické výpočty

Příloha C, Technické listy svítidel